



Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **EMBRAPA**
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - **CPAC**



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY - **JICA**

**RELATÓRIO TÉCNICO
DO PROJETO
NIPO-BRASILEIRO DE
COOPERAÇÃO EM
PESQUISA AGRÍCOLA
NOS CERRADOS
1987/1992**

**ACORDO DE COOPERAÇÃO EM PESQUISA AGRÍCOLA
NO BRASIL (FIRMADO EM 03/08/87)**

**Brasília, DF
1994**

CRJ 3738



Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **EMBRAPA**

Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - **CPAC**



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY - **JICA**



**RELATÓRIO TÉCNICO
DO PROJETO
NIPO-BRASILEIRO DE
COOPERAÇÃO EM
PESQUISA AGRÍCOLA
1987/1992**

Brasília, DF
1994

Copyright © EMBRAPA-1994

EMBRAPA - CPAC.

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS - CPAC

BR 020 - km 18 - Rodovia Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223 - Telex: (061)1621

Telefone: (061) 389-1171 - FAX: (061) 389-2953

Tiragem: 200 exemplares

Editor: Comitê de Publicações

Darci Tércio Gomes, Eline Alves de Moraes, Jeanne Christine Claessen de Miranda, Leocádia Maria Rodrigues Mecnas (Secretária-Executiva), Lúcio José Vivaldi, Maria Alice Santos de Oliveira (Presidente), Maria Tereza Machado Teles Walter e Wilson Vieira Soares.

EMBRAPA/CPAC	
Valor Aquisição Cr\$	
Data Aquisição	30 / 03 / 95
N.º N. Fiscal Fatura	
Fornecedor	
N.º Ordem de Compra	
Origem	Doação
N.º de Tombo	057/95

COMITÊ ADJUNTO

Secretaria de Relações Internacionais

Mário Alves Seixas - **Chefe**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Murilo Xavier Flores - **Presidente**

Eduardo Paulo de Moraes Sarmiento - **Diretor**

Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - CPAC

José Roberto Rodrigues Peres - **Chefe**

Ariovaldo Luchiani Júnior - **Chefe Adjunto Técnico**

Roberto Teixeira Alves - **Chefe Adjunto de Apoio**

Grupo Japonês

Tadaschi Morinaka - **Líder**

Ken-ichi Kishino - **Pesquisador**

Norio Iizuka - **Pesquisador**

JICA

Nasaji Saito - **Coordenador para Cooperação Técnica**

Observadores

Hitochi Kodaira - **Adido para Agricultura da Embaixada do Japão**

PESQUISADORES JAPONESES DO CONVÊNIO BRASIL-JAPÃO

Primeira Equipe - (Outubro de 1987 a Agosto de 1990)

Nome	Nível	Especialidade	Órgão
Bunkichiro Watanabe	(PhD)	- Fitopatologia - Líder da Equipe Japonesa	(JICA)
Norio Iizuka	(PhD)	- Fitopatologia	(MAFF)
Ken-ichi Kishino	(PhD)	- Entomologia	(JICA)
Kazuo Miyazawa	(PhD)	- Relação Solo-planta-água	(JICA)
Yoichi Izumiyama	(PhD)	- Fitotecnia	(JICA)
Seiya Kamano	(PhD)	- Entomologia	(MAFF)
Koushi Nishiyama	(PhD)	- Fitopatologia	(MAFF)
Shoichiro Akao	(PhD)	- Microbiologia do Solo	(MAFF)
Seiko Osozawa	(B.S)	- Física do Solo	(MAFF)
Yohachiro Honda	(PhD)	- Fitopatologia	(MAFF)
Ikuo Kawauchi	(B.S)	- Fisiologia Vegetal	(MAFF)
Shigemitsu Arai	(PhD)	- Matéria Orgânica	(MAFF)
Mitsuaki Shimazu	(B.S)	- Entomologia	(MAFF)
Ken Taniwaki	(PhD)	- Mecanização Agrícola	(MAFF)

Segunda Equipe - (Agosto de 1990 a Agosto de 1992)

Tadashi Morinaka	(PhD)	- Fitopatologia - Líder da Equipe Japonesa	(JICA)
Nobuo Kosuge	(PhD)	- Relação Solo-planta-água	(JICA)
Takao Mitsueda	(PhD)	- Fitopatologia	(MAFF)
Michio Makita	(PhD)	- Fitotecnia	(MAFF)
Ken-ichi Kishino	(PhD)	- Entomologia	(JICA)
Ryo Masutomo	(B.S)	- Agrometeorologia	(JWA)
Kazuhiko Ohba	(M.S)	- Irrigação	(MAFF)
Ken Taniwaki	(PhD)	- Mecanização Agrícola	(MAFF)
Takenori Yamaguchi	(PhD)	- Química do Solo	(MAFF)
Yasuo Ohe	(PhD)	- Análise Econômica	(MAFF)
Takashi Nakajima	(M.S)	- Fitopatologia	(MAFF)
Masahito Hayatsu	(PhD)	- Microbiologia do Solo	(MAFF)
Katsuhiko Yaginuma	(B.S)	- Entomologia	(MAFF)

COORDENADORIA ADMINISTRATIVA

Primeira Equipe

Yoshimune Nihei - Coordenador (JICA)

Segunda Equipe

Taiju Oka - Coordenador (JICA)

PESQUISADORES BRASILEIROS COM PARTICIPAÇÃO DIRETA

Nome	Nível	Especialidade	Órgão
Alexandre Nunes Cardoso	(M.Sc)	Fertilidade do Solo	(CPAC)
Alfredo Luiz J.A. Barreto	(B.S)	Estatística	(CPAC)
Allert Rosa Suhet	(M.S)	Microbiologia do Solo	(CPAC)
Ariovaldo Luciari Júnior	(PhD)	Solos	(CPAC)
Carlos Roberto Spehar	(PhD)	Fitotecnia	(CPAC)
Claudio Alberto Bento Franz	(M.S)	Mecanização Agrícola	(CPAC)
Dimas Vital Siqueira Resck	(PhD)	Física do Solo	(CPAC)
Eduardo Delgado Assad	(PhD)	Agroclimatologia	(CPAC)
Fernando Antonio Macena Silva	(B.S)	Hidrologia Aplicada	(CPAC)
Joaquim Pedro Soares Neto	(B.S)	Irrigação	(EPABA)
José Roberto Rodrigues Peres	(M.Sc)	Microbiologia de Solos	(CPAC)
Julio Cesar Albrecht	(B.S)	Fitotecnia	(CPAC)
Leucilene Maria de Andrade	(M.Sc)	Irrigação	(CPAC)
Luis Hernan Rodrigues Castro	(PhD)	Estatística	(CPAC)
Luiz Carlos Bhering Nasser	(PhD)	Fitopatologia	(CPAC)
Maria José d'Ávila Charchar	(PhD)	Fitopatologia	(CPAC)
Marília Lobo Burle	(B.S)	Fertilidade do Solo	(CPAC)
Milton Alexandre Teixeira Vargas	(PhD)	Microbiologia do Solo	(CPAC)
Nirceu Werneck Linhares	(B.S)	Solos	(CPAC)
Orfeo Apolo Drogueti Affin	(B.S)	Economia	(CPAC)
Plinio Itamar de Mello de Souza	(PhD)	Fitotecnia	(CPAC)
Roberto Teixeira Alves	(M.S)	Entomologia	(CPAC)
Sebastião Francisco Figuerêdo	(B.S)	Irrigação	(CPAC)
Sergio Mauro Folle	(M.S)	Mecanização Agrícola	(CPAC)

CPAC - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
 EPABA - Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia S/A
 JICA - Japan International Cooperation Agency
 JWA - Japan Weather Association
 MAFF - Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries

SUMÁRIO

— FITOTECNIA —

Estudos analíticos sobre o crescimento de soja na Estação seca e Chuvosa Y. Izumiyama; P.I.M. de Souza.....	15
Avaliação de tolerância ao alumínio em trigo pelo método da Hematoxilina e sua utilização prática M. Makita; J.C. Albrecht; C.R. Spehar.....	46
Avaliação da tolerância ao alumínio em plântulas de soja e sua utilização M. Makita; C.R. Spehar.....	73

— FITOSSANIDADE —

— Entomologia —

Pragas que atacam a soja na região dos Cerrados K. Kishino; R.T. Alves.....	89
Utilização de inimigos naturais no controle de insetos -pragas K. Kishino; R.T. Alves.....	127
Ecologia de percevejos que atacam o colmo e a panícula do arroz na região dos Cerrados K. Kishino; R.T. Alves.....	156
Ocorrência e biologia de <i>Diatraea saccharalis</i> (Fabr., 1794) (<i>Lepidoptera-Pyralidae</i>) em arroz nos Cerrados K. Kishino; R.T. Alves.....	180
Criação massal de percevejos por dieta artificial S. Kamano; R.T. Alves; K. Kishino.....	196
Investigation on entomogenous fungi in the Cerrado region and their utilization for microbial control of pests M. Shimazu; R.T. Alves; K. Kishino.....	202
Isolation and use of entomogenous fungi in the Cerrados for the control of insect pests K. Yaginuma; R.T. Alves; K. Kishino.....	215

— Fitopatologia —

Classification of strains of soybean mosaic virus and seed transmissibility N. Iizuka; M.J.d'A. Charchar	226
Identification of some viral diseases of leguminous crops in the Cerrados N. Iizuka; M.J. d'A. Charchar	237
Monitoramento e identificação de agentes causadores de doenças de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) na região dos Cerrados T. Morinaka; L.C.B. Nasser	248
Modo de ocorrência do mofo branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) no feijoeiro irrigado na região dos Cerrados T. Mitsueda; M.J.d'A. Charchar	258
Isolation and identification of bacteria from soybean leaves K. Nishiyama; M.J.d'A. Charchar; N. Iizuka	271
Attempts of mechanical transmission and serological tests of bean mosaic virus em Brazil Y. Honda; M.J.d'A. Charchar; N. Iizuka	278
Identification of causal fungi of <i>Sclerotinia</i> disease of legumes in the Cerrados T. Nakajima; M.J.d'A. Charchar; T. Mitsueda	286

— MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA —

Development of laboratory automation system for the performance test of agricultural machinery K. Taniwaki; S.M. Folle; C.A.B. Franz	295
Implementation of a system for determining tractor fuel consumption and velocity K. Taniwaki; S.M. Folle; C.A.B. Franz	300
Development of automated tractor in Japan K. Taniwaki	304
Laboratory automation K. Taniwaki	308

— RECURSOS NATURAIS E SÓCIOECONOMIA —

Investigation and meteorological analysis on geographical variation in the brazilian Cerrado area R. Masutomo; E.D. Assad; L.H.R. Castro; A.J.B. Barreto Luiz; F.A.M. da Silva	319
Sustainable agricultural growth and its economic conditions: A case of cropping behavior Y. Ohe; O.A.D. Affin.....	330
Note on the econometric methods Y. Ohe.....	338

— SOLOS E ÁGUA —

— Fertilidade do Solo —

Avaliação do potencial de suprimento de nitrogênio em um solo de Cerrado N. Kosuge; A.R. Suhet; M.L. Burle; N.W. Linhares	347
Nitrification process in tea field soils of Japan M. Hayatsu	363

— Irrigação —

Estabelecimento do momento de irrigação em feijão e ervilha baseado em níveis de tensão de água em Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados K. Miyazawa; S.F. Figuerêdo; J.R.R. Peres; L.M. de Andrade.....	368
Estabelecimento do momento de irrigação em feijão baseado em níveis de tensão de água em areias quartzosas dos Cerrados K. Miyazawa; S.F. Figuerêdo; J.P.S. Neto.....	411
Seasonal change of DI-values (dryness index) and modeling of soil moisture movement in the Cerrado region K. Obha; S.F. Figuerêdo	434

— Manejo e Conservação do Solo —

Improvement of compacted layers of Latosol under different plowing systems S. Osozawa; D.V.S. Resck; K. Miyazawa.....	453
Problems in crop root development in Latosols in the Cerrado region I. Kawauchi; A.L. Júnior; M.L. Burle	462
Quantitative and qualitative characteristics of soil organic matter under Cerrados S. Arai; D.V.S. Resck; A.N. Cardoso; N.W. Linhares	477

— Microbiologia do Solo —

A new technique for the inoculation of <i>Bradyrhizobium japonicum</i> in the presence of high populations of indigenous rhizobia in soils - utilization of antibiotics and antibiotic-resistant strains S. Akao; M.A.T. Vargas	488
Observation of binding of <i>Bradyrhizobium japonicum</i> A1017 to root hair, curling of root hair and infection thread formation by bright and phase contrast microscopy S. Akao; M.A.T. Vargas	495
Nitrification potential in Cerrado a soil M.Hayatsu; A.R. Suhet; N. Kosuge	498

— Metodologia —

Attempts to measure N ₂ O using a brazilian made chromatograph T. Yamaguchi; M.A.T. Vargas; A.L. Júnior; N. Kosuge.....	504
---	-----

APRESENTAÇÃO

A região dos Cerrados ocupa cerca de 207 milhões de hectares do território brasileiro, sendo considerada uma das maiores áreas de expansão agrícola do Brasil e do mundo. Estima-se que 136 milhões de hectares se constituem de terra aráveis e potencialmente aptas para a produção de alimentos, fibras e energia. Hoje, com somente 23% de sua área potencial explorada, já produz cerca de 28% da produção nacional de grãos, 20% da produção nacional de café e 40% do rebanho bovino nacional.

A programação de pesquisa do CPAC, abrangendo áreas de real e significativa importância, está voltada para o conhecimento do potencial agropecuário da região, possibilitando o desenvolvimento de tecnologias viáveis para os diferentes sistemas de produção, com objetivo de atingir tanto o pequeno, quanto o médio e o grande produtor. Por outro lado busca-se atividades efetivas de cooperação técnico-científicas, que se processem nos moldes e termos da que mantemos com o Governo do Japão, através da Agência de Cooperação Internacional do Japão-JICA.

Este relatório compreende o período de outubro de 1987 a julho de 1992, as atividades e resultados de pesquisas desenvolvidas pelos consultores de longa e curta duração em parceria com os pesquisadores contrapartes, nas áreas de utilização efetiva de solos, planta e água, controle de doenças e pragas de culturas, técnicas de manejo de culturas adaptadas às condições de Cerrados, análise econômica, instrumentação e mecanização agrícola, agroclimatologia e microbiologia de solos, onde importante contribuição vem sendo dada não só em equipamentos avançados, com alto padrão de qualidade, mas também com programas de visitas e treinamentos no Japão para gerentes de pesquisa e pesquisadores.

Além dessas atividades foram realizados outros trabalhos com recursos da JICA, tais como: desenvolvimento de um sistema para aquisição de dados de máquinas agrícolas; controle biológico de mosca-de-renda da seringueira nos Cerrados; produção de um álbum sobre agricultura de Cerrados através de imagens; tradução do livro "Solos dos Cerrados - Tecnologias e Estratégias de Manejo", para o japonês, e os eventos Seminário Conjunto das Instituições Conveniadas, em Brasília-DF, no mês de outubro de 1989, e o Seminário sobre os Progressos da Pesquisa Agrônômica na Região dos Cerrados, em Cuiabá-MT, no mês de outubro de 1991.

A excelência das condições reinantes sugerem que um novo estágio de relacionamento BRASIL/JAPÃO, através da colaboração JICA/CPAC, possa ser implementado, num processo bastante natural de evolução, onde transferências de conhecimentos científicos e tecnológicos e até mesmo de conhecimentos metodológicos possam ser ofertados às regiões tropicais brasileiras e assim como para outras partes do mundo.

Jamil Macedo
Chefe do CPAC

FITOTECNIA

ESTUDOS ANALÍTICOS SOBRE O CRESCIMENTO DA SOJA NA ESTAÇÃO SECA E CHUVOSA

Yoichi Izumiyama¹ e Plínio Itamar de Mello de Souza²

SUMMARY - In order to analyse the growth response of soybean plants to different environmental conditions, dry (winter) and rainy (summer) seasons, experiments were conducted using 10 genotypes in both seasons for which growth analysis was employed. The following results were obtained: Grain yield of the soybean varieties was generally lower in the dry season compared with the rainy season, and the decrease of the grain yield differed with the varieties, presumably due to changes in growth in both vegetative and reproductive phases. During the vegetative growth, the leaf area indices (LAI) were lower in the soybean plants grown in the dry season than in those grown in the rainy season. However there was almost no differences in the net assimilation rate (NAR) between both seasons. As a result, the growth rates (GR) and total dry weights were lower in the dry season than in the rainy season. Regarding the reproductive growth, there were significant differences in flowering time among soybean varieties grown in the dry season, resulting in differences in the amount of dry matter stored in the leaves at the end of the vegetative growth stage. As it is considered that the accumulation of dry matter in the grain is contributed by the dry matter translocated from the leaves, the difference in the dry matter weight in the leaves results in differences in the grain yield of soybean varieties. Among the varieties tested in these experiments, Doko, IAC-7, Cristalina and IAC-8 were considered to be relatively suitable varieties for dry season cultivation, due to the limited decrease of grain yield. On the other hand, BR 82-4843, BR 82-5467 and BR-15 were very sensitive to short day conditions, and showed a very low grain yield in the dry season.

Key words: *Glycine max* (L.) Merr., growth analysis, dry matter accumulation, cultivars, dry season cultivation, photoperiod.

¹ Agrônomo, Consultor da EMBRAPA/JICA.

² Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

Introdução

Recentemente, com a introdução da tecnologia de irrigação na agricultura dos Cerrados, está tornando técnica e economicamente viável, o cultivo de plantas durante a estação seca.

O cultivo da soja na estação seca, com o aproveitamento de irrigação, já vinha sendo alvo de atenção desde há algum tempo. Inicialmente era testado no CPAC, em pequena escala, como avanço de geração no programa de melhoramento de soja, ou seja, aproveita-se a estação seca para encurtar o tempo de melhoramento na obtenção de novas variedades, assim como multiplicar sementes dos genótipos a serem recomendado (EMBRAPA/ CPAC, 1981; EMBRAPA/CPAC, 1982).

A partir dos resultados obtidos nesses estudos, observou-se que a produção de soja durante a estação seca não era somente possível, como também podia superar em qualidade as sementes produzidas na época chuvosa. Por isso, estudos acerca do cultivo econômico da soja na época seca começaram a intensificar-se, quer seja para produção de grãos, como principalmente, para a produção de sementes de alta qualidade e de uso imediato pelo produtor na época chuvosa (Urben Filho, 1987).

A soja é uma planta sensível a duração do comprimento do dia (fotoperíodo). Ela é considerada uma espécie de "dia curto" E seu crescimento varia marcadamente conforme a época de plantio e conseqüentemente a duração do dia. Na região dos Cerrados, a estação seca corresponde ao inverno quando a duração do dia é menor e a temperatura também é relativamente mais baixa, na estação chuvosa (verão), os dias são mais longos e as temperaturas mais elevadas e, portanto, considerada a época normal de cultivo da soja. O conhecimento da maneira como novas variedades de soja reagem as condições ambientais em termos de crescimento e as significativas variações que ocorrem no desenvolvimento e produções, constituem-se uma base importante para o aprimoramento e consolidação das técnicas de cultivo de soja, não só na época seca como na chuvosa.

Acompanhando-se a recente expansão da fronteira agrícola na região dos Cerrados, observa-se que o cultivo da soja está se expandindo até as faixas de baixa latitude. Uma vez que a duração do dia varia de acordo com a latitude, é evidente que, para o cultivo de soja nessas faixas, deve-se levar em consideração sua resposta fotoperiódica. A elucidação e a compreensão das respostas fotoperiódicas e de temperatura das novas variedades de soja são de extrema importância, tanto sob o aspecto de escolha das variedades a

serem cultivadas nessas áreas, quanto do ponto de vista da criação de novos e mais adequados genótipos para cada região dos cerrados.

Assim, com base nas considerações acima, iniciou-se o presente estudo, tendo como principal objetivo a elucidação das respostas das variedades de soja dos Cerrados diante de variações ambientais da região tropical na estação chuvosa e seca.

Como metodologia de estudo, adotou-se o método denominado "análise de crescimento". Este método considera o produto fotossintético, que constitui a produção da planta, como sendo matéria seca em termos quantitativos e, através da análise do seu processo produtivo, procura elucidar produtividade da cultura. Este método vem sendo aplicado por muitos pesquisadores em várias culturas (Izumiya, 1984; Watson, 1952), inclusive em soja, (Butiery, 1969; Clawson et alii; Kokubun & Watanabe, 1981 e 1982; Nakaseko & Gotoh, 1981; Sivakumar & Shaw 1978), mas estudos relativos à soja nos Cerrados são poucos ou praticamente nenhum.

O presente estudo foi realizado no CPAC/EMBRAPA como parte das atividades de cooperação entre o Brasil e o Japão. Na condução dos estudos contou-se com o apoio dos sucessivos Chefes do CPAC, bem como de colegas do referido Centro, aos quais agradecemos profundamente.

Material e Métodos

Para execução deste estudo, foram conduzidos dois experimentos de campo, sendo um no período de novembro de 1988 a abril de 1989 (estação chuvosa) e outro, entre maio a outubro de 1989 (estação seca). Em ambos experimentos utilizou-se as seguintes variedades e linhagens de soja: BR-15, Cristalina, Doko, Eureka, IAC-7, IAC-8, Savana, BR 79-31339, BR 82-4843 e BR 82-5467.

As parcelas foram dispostas em blocos ao acaso, com 4 repetições. Em cada parcela foram instaladas 10 áreas de amostragem (1,2 m² cada) e uma área de 4 m² para colheita final. A semeadura na estação chuvosa foi realizada no dia 8 de novembro de 1988 e na estação seca no dia 9 de maio de 1989. O experimento, durante a estação seca foi irrigado, tendo sido a água no solo mantida em níveis adequados, em função do estágio de crescimento.

As amostragens foram realizadas a partir da terceira semana após a semeadura, uma vez a cada duas semanas. Em cada amostragem, a planta foi arrancada com a raiz e, de posteriormente, separada em parte aérea e raiz. Na parte aérea, após a determinação do peso fresco total, retirou-se uma sub-amostra para determinação da área foliar, pecíolo, haste, vagens e grãos. Essas partes foram depois secas em estufa e o peso da matéria seca determinado. Com relação as raízes, uma parte foi retirada como sub-amostra, lavada em água, e secas. O peso da matéria seca da planta inteira e de suas partes foram calculados a partir da matéria seca das sub-amostras. Determinou-se também, em cada amostragem a área foliar, o comprimento e número de nós da haste principal, bem como o número de hastes secundárias.

Na análise de crescimento, calculou-se o índice de área foliar, taxa de assimilação líquida e taxa de crescimento, de acordo com as fórmulas abaixo descritas por Radford (1967).

$$\text{Área foliar média} = \frac{L_2 - L_1}{\log_e L_2 - \log_e L_1}$$

$$\text{Taxa de assimilação líquida (TAL)} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{\log_e L_2 - \log_e L_1}{L_2 - L_1}$$

$$\text{Taxa de crescimento (TC)} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

Resultados Experimentais e Discussão

1. Padrões gerais de crescimento da soja nos Cerrados

Inicialmente, para se conhecer o padrão básico de crescimento da soja cultivada nos Cerrados, serão examinados os resultados obtidos no experimento realizado durante a estação chuvosa 1988/89.

A soja, após sua emergência, aumenta aos poucos o número de nós localizados na haste principal. Uma vez que desses nós é que nascem as folhas,

assim como as ramificações, o aumento do número de nós proporciona a expansão da área foliar. Por outro lado, o aumento do número de nós ocasiona também o crescimento no comprimento das hastes.

A Figura 1 mostra, através de médias obtidas nas 10 variedades testadas, as variações temporais do número de nós na haste principal, comprimento da haste principal e índice da área foliar. A partir do momento em que as inflorescências começam a surgir na planta de soja (9ª semana), o aumento no número de nós e no comprimento das hastes torna-se menos acentuado, cessando em seguida. Já a partir da 10ª semana, o índice de área foliar aumenta menos intensamente e, com o ressecamento e queda de folhas velhas, tende em seguida para uma diminuição.

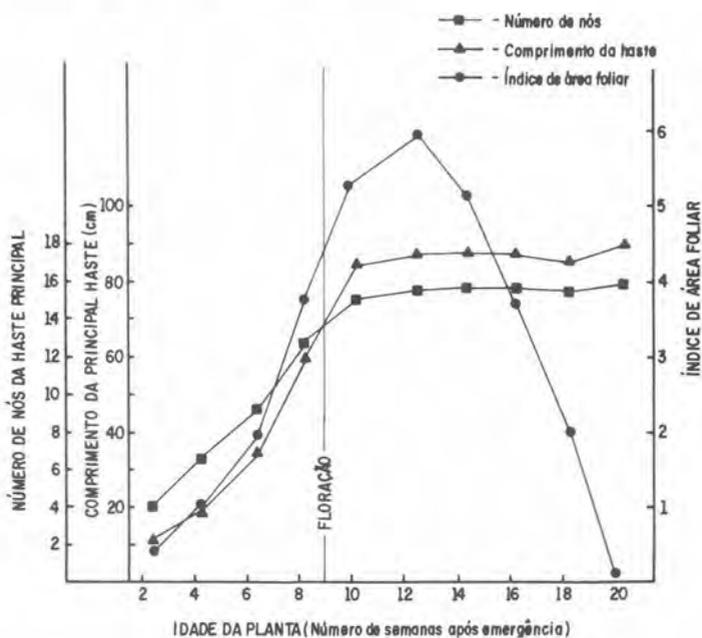


FIG. 1 - Variação temporal do comprimento da haste principal, do número de nós da haste principal e do índice de área foliar da soja (Estação chuvosa 1988/89, média das 10 variedades).

Na Figura 2 podem ser observadas as variações obtidas na taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento e de peso de matéria seca total (peso seco total). A taxa assimilatória líquida indica a produção de matéria seca por área foliar que, por sua vez, é maior no estágio inicial de crescimento e se reduz gradativamente à medida que a planta cresce. Há muitos relatos a respeito de mudanças observadas na taxa assimilatória líquida da soja, e aponta-se como causa disso o sombreamento mútuo das plantas (Clawson et al 1986; Scott e Batchelor, 1979; Sivakumar & Shaw 1978).

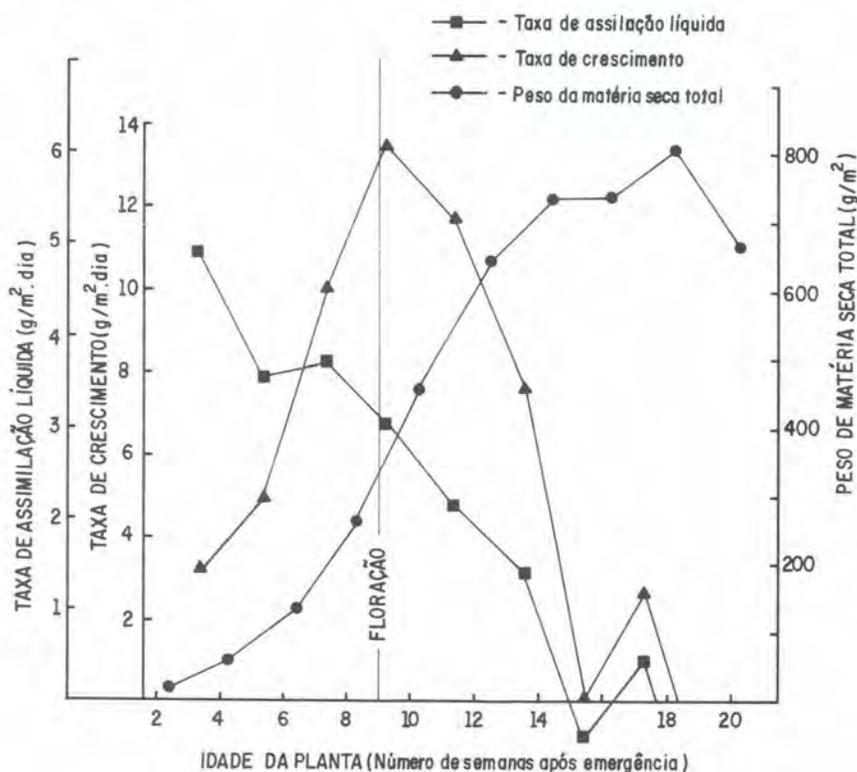


FIG. 2 - Variação temporal da taxa assimilatória líquida, da taxa de crescimento e do peso de matéria seca total da soja (Estação chuvosa 1988/89, média das 10 variedades).

A taxa de crescimento indica a capacidade de produção de matéria seca e corresponde ao produto do índice da área foliar e da taxa assimilatória líquida. Como se vê na Figura 2, essa taxa é baixa nos estádios iniciais de crescimento e aumenta à medida que se expande a área foliar, e novamente, começa a declinar a partir da 9ª semana após a emergência. Seu valor máximo foi cerca de 14 g/m² dia, ou seja, se considerarmos a produção por hectare, significaria uma produção diária de 140 kg de matéria seca. Este valor, observado em variedades cultivadas nos Cerrados, não difere muito dos valores relatados para as variedades cultivadas em outras regiões tradicionais (Beaver e Cooper, 1982; Clawson et al, 1986; Ojima & Fukui, 1966; Scott & Batchelor, 1979).

O índice de área foliar que venha a maximizar a capacidade de produção de matéria seca, ou seja, o índice que torne máxima a taxa de crescimento, é chamado de índice de área foliar ótimo (EMBRAPA/CPAC, 1982; Ferri, 1979). Este valor não é necessariamente inerente à planta, e pode variar conforme condições ambientais (Hunt, 1978; Izumiyama, 1978; Nakaseko & Gotoh, 1981; Ojima e Fukui, 1966), mas dentro das condições experimentais e levando-se em consideração a relação entre a taxa de crescimento (Figura 2) e o índice de área foliar (Figura 1), poder-se-ia estabelecer esse valor como sendo em torno de 4,5.

Os pesos de matéria seca total nos vários estádios de crescimento podem ser considerados como sendo taxas de crescimento integradas em termos temporais. As mudanças no tempo, do peso de matéria seca total (Figura 2), apresentam tendências a uma curva sigmóide, notando-se uma tendência de decréscimo, por secamento e queda de folhas, nos estádios finais.

A Figura 3 mostra o acúmulo de matéria seca da variedade Savana, dividida em suas partes componentes: folha (lâmina foliar e pecíolo), vagens, grãos e raiz. Nota-se que nas folhas o acúmulo de matéria seca é mais acentuado em relação a outras partes da planta, na primeira metade do período de crescimento, decrescendo daí em diante. Supõe-se que isso ocorra em função da senescência e abscisão foliar. O acúmulo de matéria seca nas hastes é o segundo maior depois de folhas, não se notando, porém, decréscimo na segunda metade do período de crescimento.

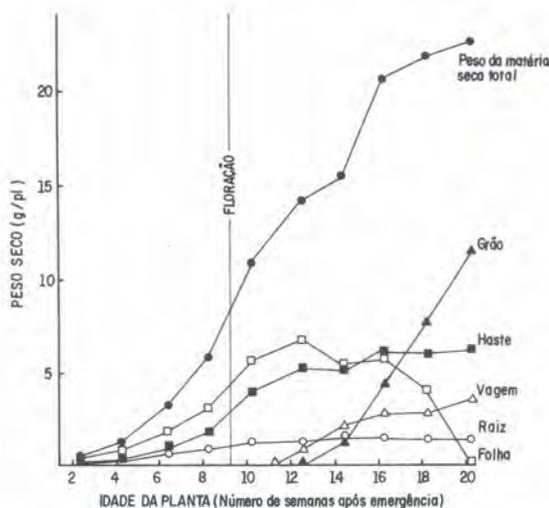


FIG. 3 - Acúmulo de matéria seca nas partes da planta de soja (Estação chuvosa 1988/89, variedade: Savana).

O acúmulo de matéria seca nos grãos começa a se acentuar a partir da terceira semana após a floração (13ª semana após a emergência) apresentando um aumento acentuado no final do período de crescimento. O acúmulo acentuado de matéria seca nos grãos não pode ser relacionado somente à produção de matéria seca nesse período, uma vez que a quantidade de matéria seca produzida se reduz, à medida que a área foliar decresce no decorrer desse período. A matéria seca acumulada nos grãos, é proveniente em parte da matéria seca produzida pela planta na mesma época, podendo entretanto, uma parte considerável, estar aproveitando a matéria seca anteriormente produzida e acumulada em alguma parte da planta (Ojima & Fukui, 1966), como por exemplo folhas, e depois transferida para os grãos. Isso tem um papel preponderante, como será mostrado depois, na análise da produtividade da soja.

2. Comparação de crescimento dos genótipos de soja cultivados na estação chuvosa

Inicialmente, o presente estudo observou a tendência geral dos fatores relacionados com a produção de matéria seca. Em seguida, foram observadas as variações de cada uma das variedades.

Com relação ao índice de área foliar (Tabela 1), cada uma das variedades mostra variações temporais com um valor máximo cuja época de ocorrência difere de acordo com a variedade. Nas variedades precoces e de ciclo médio como Eureka, BR 79-31339, BR 82-4843 ou BR 82-5467, os máximos IAF ocorrem mais cedo, enquanto que nas variedades tardias, como Doko, o máximo é mais tardio. O índice de área foliar máximo tende a ser menor entre as variedades precoces ou cujo máximo IAF vem mais cedo, ao passo que nas variedades tardias esse índice tende a ser alto.

TABELA 1 - Variação temporal dos índices de área foliar nas variedades de soja (Estação chuvosa 1988/89).

Variedade	Idade da planta (dias após emergência)									
	17	30	45	58	72	88	101	114	128	142
BR-15	0.33	1.05	1.84	3.83	6.22	[7.23]	5.44	5.27	3.60	0.06
Cristalina	0.39	1.05	2.25	4.42	5.89	[7.92]	7.61	5.59	3.87	0.22
Doko	0.42	1.05	2.18	3.95	6.16	6.65	[7.80]	6.09	4.06	0.10
Eureka	0.34	0.83	1.65	3.12	[4.52]	3.47	1.60	-	-	-
IAC-7	0.38	0.83	1.85	3.34	5.26	[7.53]	5.67	5.07	3.80	0.22
IAC-8	0.48	0.99	2.28	4.01	4.89	[6.25]	5.55	3.73	1.95	0.03
Savana	0.48	0.98	2.08	3.71	5.41	[6.94]	5.22	5.21	2.70	-
BR 79-31339	0.35	0.90	1.99	4.20	[5.31]	5.14	4.59	3.21	-	-
BR 82-4843	0.48	1.11	1.88	3.83	[4.47]	4.31	3.79	0.44	-	-
BR 82-5467	0.33	0.84	1.32	3.12	[4.35]	3.83	3.93	2.34	-	-

Obs: [] indica o valor máximo

A taxa de assimilatória líquida (Tabela 2) é alta na fase inicial de crescimento em todas as variedades estudadas, diminuindo à medida que as plantas crescem. Em decorrência de possíveis erros de amostragem, é difícil fazer uma comparação de modo direto e preciso entre as variedades. Poder-se-ia, no entanto, considerar que as altas e baixas taxas assimilatória líquida observadas entre as variedades, tendem a ser inversas às áreas foliares (Tabela 3). Nota-se correlações negativas entre a taxa assimilatória líquida e a área foliar conforme resultados semelhantes já relatados (Beawer & Cooper, 1982; Buttery, 1969; Kokubun & Watanabe, 1981; Nakaseko & Gotoh, 1981; Ojima e Fukui, 1966).

TABELA 2 - Variação temporal da taxa assimilatória líquida nas variedades de soja (Estação chuvosa 1988/89).

Unidade: g/m² dia

Variedade	Idade da planta (dias após emergência)						
	17	30	48	58	72	88	101
BR-15	[5.54]	3.09	3.35	2.87	2.06	0.78	
Cristalina	[5.30]	3.67	3.26	1.94	1.76	1.28	
Doko	[5.11]	3.99	3.22	2.78	2.40	0.28	
Eureka	[5.16]	3.81	3.64	4.04	2.74	-0.41	
IAC-7	[4.45]	3.37	3.45	2.62	1.87	2.17	
IAC-8	[4.58]	3.83	3.53	3.20	1.97	2.62	
Savana	[4.11]	3.90	3.30	3.47	1.48	0.66	
BR 79-31339	[4.81]	3.48	3.90	2.95	2.51	0.94	
BR 82-4843	[4.85]	3.43	4.53	3.50	2.45	2.11	
BR 82-5467	[5.15]	2.92	4.78	3.27	2.24	3.55	

Obs: [] indica o valor máximo.

TABELA 3 - Correlação entre índice de área foliar e taxa assimilatória líquida das variedades nos estágios de crescimento.

Estágios de crescimento	IAF	r	TAL
I		-0.289	
II		0.602	
III		-0.567	
IV		-0.727*	
V		-0.664*	
VI		-0.611	

Estágio de crescimento

I: 17 a 30 dias

II: 31 a 45 dias

III: 46 a 58 dias

* Significativo ao nível de 5%

IV: 59 A 72 dias

V: 73 a 88 dias

VI: 89 A 101 dias após emergência

As taxas de crescimento (Tabela 4), do mesmo modo que os índices de área foliar, apresentaram diferenças no valor máximo observado e, na sua época de ocorrência, as variedades Doko, Cristalina, IAC-7 e IAC-8 o valor máximo ocorreu ligeiramente mais tarde que nas demais variedades. De uma maneira geral, os valores da taxa de crescimento não denotam grandes diferenças entre variedades, mas presume-se que isto seja devido a anulação mútua de efeitos, como observado anteriormente, em função da existência de uma correlação negativa entre a área foliar e a taxa de assimilatória líquida.

TABELA 4 - Variações temporais da taxa de crescimento nas variedades de soja (Estação chuvosa 1988/89).

Unidade: g/m² dia

Variedade	Idade da planta (dias após emergência)						
	17	30	48	58	72	88	101
BR-15	3.46	4.35	9.08	[14.16]	13.85	4.89	
Cristalina	3.55	5.77	10.46	9.93	[12.08]	9.97	
Doko	3.52	6.16	9.59	13.80	[15.38]	2.01	
Eureka	2.82	4.56	8.41	[15.24]	10.89	-0.98	
IAC-7	2.59	4.30	8.69	11.07	11.82	[14.23]	
IAC-8	3.25	5.93	10.80	14.18	10.89	[15.46]	
Savana	2.89	5.70	9.29	[15.63]	9.09	4.00	
BR 79-31339	2.80	4.79	11.56	[13.95]	13.10	4.59	
BR 82-4843	3.65	5.01	12.42	[14.52]	10.73	8.54	
BR 82-5467	2.82	3.09	9.99	[12.12]	9.15	11.76	

Obs: [] indica o valor máximo.

Os pesos de matéria seca total (Tabela 5) em todas as variedades aumentam com o crescimento, diminuindo posteriormente com a morte e queda de folhas. As épocas de ocorrência do valor máximo relacionam-se com a época de amadurecimento das plantas e variam de acordo com as variedades. Os valores máximos tendem a ser baixos nas variedades precoces.

TABELA 5 - Variações temporais do peso de matéria seca total nas variedades de soja (Estação chuvosa 1988/89).

Unidade: g/m².dia

Variedade	Idade da planta (dias após emergência)									
	17	30	45	58	72	88	101	114	128	142
BR-15	18	63	128	246	445	666	730	829	[865]	740
Cristalina	18	64	151	287	426	619	748	755	[907]	712
Doko	21	67	159	284	477	723	749	694	[782]	673
Eureka	17	54	122	231	445	[619]	606	504		
IAC-7	18	52	116	226	381	570	755	847	844	[847]
IAC-8	23	66	154	295	493	668	769	808	814	[836]
Savana	22	60	145	266	485	630	682	853	865	[880]
BR 79-31339	19	55	127	277	473	682	742	[798]	739	
BR 82-4843	22	69	144	306	509	681	[792]	636	650	
BR 82-5467	17	53	100	230	399	546	724	662	[791]	

Obs: [] indica o valor máximo.

A Tabela 6 mostra, por meio de coeficientes de correlação, a relação entre os parâmetros de crescimento em cada época, com os valores máximos dos pesos de matéria seca total.

TABELA 6 - Correlação dos parâmetros de crescimento em cada estágio, em relação ao valor máximo de peso seco total das variedades.

	IAF	TAL	TC
I	0.343	-0.208	0.263
II	0.441	-0.139	0.247
III	0.471	-0.296	0.183
IV	0.561	-0.712*	-0.432
V	0.530	-0.844**	0.039
VI	0.800**	-0.276	0.071

Estágio de crescimento

I: 17 a 30 dias

II: 31 a 45 dias

III: 46 a 58 dias

* Significativo ao nível de 5%

** Significativo ao nível de 1%

IV: 59 a 72 dias

V: 73 a 88 dias

VI: 89 a 101 dias após emergência

O índice de área foliar mantém correlação positiva com os valores máximos dos pesos da matéria seca total em todas as épocas de crescimento, sendo que a correlação é baixa e apresenta significância estatística apenas na época final de crescimento.

A taxa assimilatória líquida apresenta sempre uma correlação negativa, com os parâmetros em questão. Pode parecer estranho o fato da taxa assimilatória líquida indicar tal correlação negativa com o peso de matéria seca total, uma vez que essa taxa deveria participar da produção de matéria seca. Isto pode ser explicado pelo fato de que o valor máximo do peso de matéria seca total e do índice de área foliar se relacionarem juntamente com a época (tardia ou precoce) de amadurecimento da planta, assim como pela existência de uma correlação, negativa, entre a área foliar e a taxa assimilatória líquida.

É difícil detectar uma correlação evidente entre a taxa de crescimento e o valor máximo de peso de matéria seca total. Isso ocorre provavelmente pelo fato desse parâmetro não apresentar diferenças marcantes entre as variedades.

Até aqui, analisou-se a situação de produção da matéria seca pela planta de soja. Em seguida, serão examinados os problemas relativos à produção de grãos em si, o que constitui o objetivo final do presente estudo.

A Tabela 7 apresenta a produção de grãos em cada uma das variedades plantadas na estação chuvosa. Como se utilizou nesse experimento muitos genótipos com alta produtividade, não se notam diferenças estatisticamente significante entre as 7 melhores colocadas na produção de grãos. A variedade Doko apresentou uma produtividade marcadamente baixa em comparação com as demais. A acentuada acumulada da "mancha-olho-de-rã" (*Cercospora sojina*), deve ter reduzido a produção dessa variedade a valores anormais.

TABELA 7 - Produção de grão da soja cultivada na estação chuvosa.

Variedade	Produção de grãos (kg/ha)
BR 79-31339	4057 a
BR 82-4843	3890 a
Cristalina	3816 a
BR 82-5467	3812 a
BR-1	3801 a
Savana	3768 ab
IAC-8	3591 abc
IAC-7	3247 bc
Eureka	3081 c
Doko	2273 d
Significância da diferença	**
LSD 0.05	523

** Significativo ao nível de 1%

Obs: Valores seguidos pela mesma letra não diferiram estatisticamente a 5% de probabilidade.

A Tabela 8 mostra a correlação entre a produção de grãos e parâmetros de crescimento em cada uma das épocas. O índice de área foliar apresenta correlação positiva com produção de grãos em qualquer época, não se notando entretanto, valores significativos. A taxa assimilatória líquida e taxa de crescimento apresentam correlações positivas e negativas, porém os níveis de correlação são baixos. O peso de matéria seca total apresenta correlação sempre positiva, mas não significativa.

TABELA 8 - Correlação entre a produção de grão das variedades de soja e os parâmetros de crescimento nos estádios de crescimento, no cultivo de soja na estação chuvosa.

Estádios de crescimento	IAF	TAL	TC	Peso de Matéria seca total
I	0.144	-0.081	-0.060	0.233
II	0.546	-0.508	-0.326	0.441
III	0.193	0.412	0.494	0.230
IV	0.629	-0.026	-0.062	0.568
V	0.256	-0.259	-0.480	0.389
VI	0.081	0.318	0.217	0.418

Estádio de crescimento

I: 17 a 30 dias

II: 31 a 45 dias

III: 46 a 58 dias

IV: 59 a 72 dias

V: 73 a 88 dias

VI: 89 a 101 dias após emergência

Tais resultados indicam que esses parâmetros não chegam a explicar as diferenças de produtividade observadas entre variedades estudadas. Isso pode ser devido ao fato de não haver sido observada relação direta entre o acúmulo de matéria seca nos grãos e a produção total da planta, além da proximidade existente nos níveis de produtividade das variedades usadas no experimento.

3. Crescimento e produtividade da soja cultivada na estação seca

Na comparação dos parâmetros de crescimento da soja cultivada na estação seca com a soja da estação chuvosa, nota-se que, o índice de área foliar da soja na estação seca é inferior, desde o início do crescimento, à soja de verão, sendo o valor máximo da primeira não superior a 4 (Figura 4). Isso ocorre porque a soja da estação seca apresenta um número menor de nós na haste principal do que na soja de verão tendo, por conseguinte, menos folhas. A taxa de assimilatória líquida (Figura 5), exceto na fase inicial de crescimento da soja na estação seca com valores muito baixos, mostra, geralmente, mudanças semelhantes com as da soja de verão. Referente às taxas de crescimento (Figura 6), a soja da estação seca mostra, em todo o seu período de crescimento, valores inferiores aos da soja de verão, e o valor máximo não ultrapassa 8 g/m² dia. Em decorrência disso, os pesos de matéria seca total (Figura 7) se mantêm acentuadamente mais baixos do que os da soja de estação chuvosa, durante todo o período de crescimento.

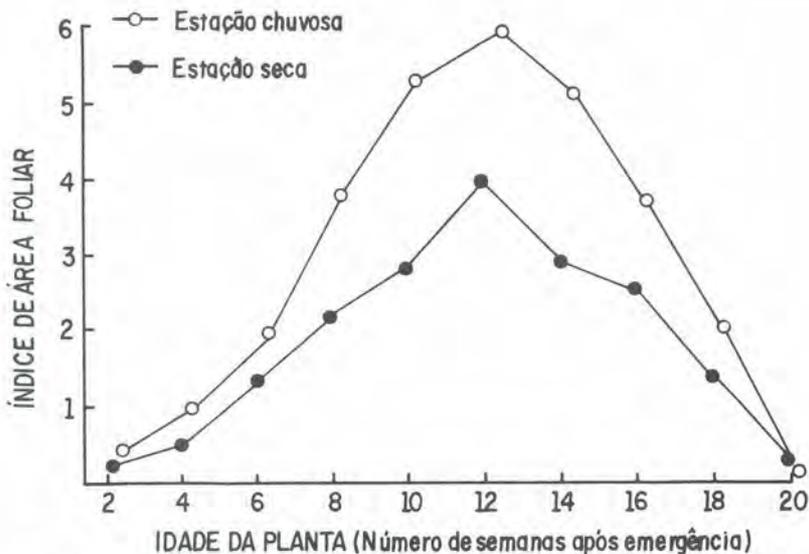


FIG. 4 - Índice de área foliar de soja na estação chuvosa e seca (média de 10 variedades).

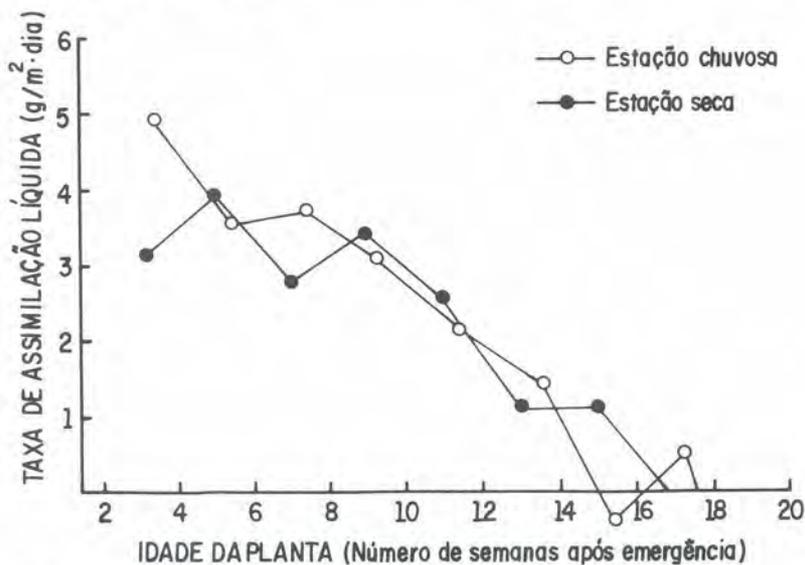


FIG. 5 - Mudanças temporais da taxa assimilatória líquida de soja na estação chuvosa e seca (média das 10 variedades).

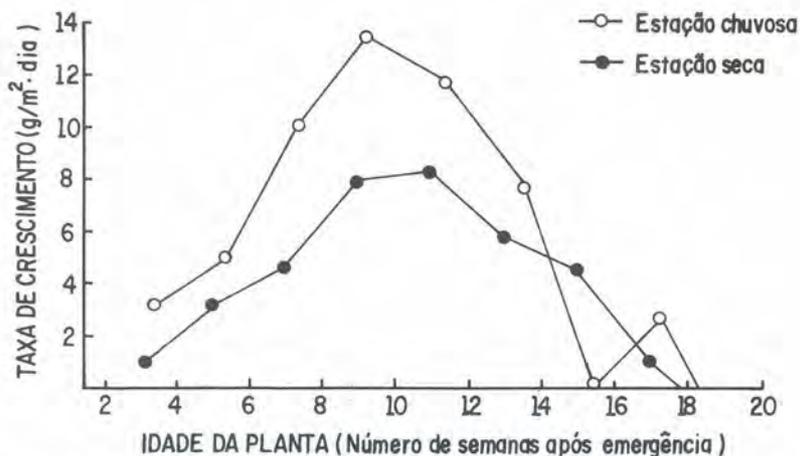


FIG. 6 - Mudanças temporais de crescimento da soja na estação chuvosa e seca (média das 10 variedades).

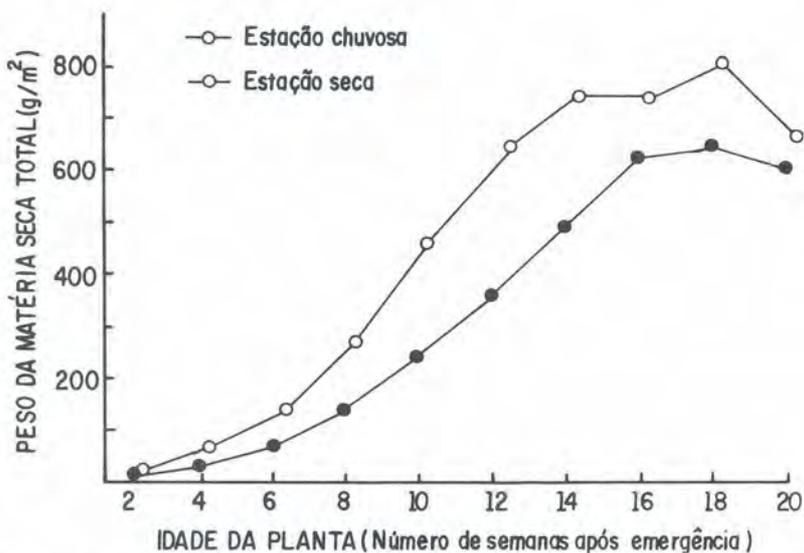


FIG. 7 - Mudanças temporais de peso seco total da soja na estação chuvosa e seca (média das 10 variedades).

Nos experimentos durante a estação seca, uma vez que a umidade do solo é mantida adequada por meio de irrigação, as causas da diminuição na produção de matéria seca são difíceis de serem atribuídas a esse fator. Na estação seca, a temperatura média atmosférica é mais baixa e comprimento dos dias menor em comparação com a da estação chuvosa, o que poderiam ser considerado como causas da queda na produção de matéria seca.

Essa baixa produção de matéria seca pode constituir uma das maiores causas da inferioridade da soja da estação seca em termos de produção de grãos, quando comparada com a soja da estação chuvosa.

A Tabela 9 mostra a produção de grãos das variedades de soja cultivadas na estação seca, enquanto que a Figura 8 mostra essa produção comparada com a da soja de verão (estação chuvosa). A produção da soja de estação seca indica valores todos inferiores aos apresentados pelas variedades cultivadas na estação chuvosa, com a exceção de Doko. Os decréscimos na produção variam de acordo com as variedades, sendo que na BR 82-5467, BR-15 e BR 82-4843 a redução é marcante, ao passo que nas variedades IAC-7, Cristalina e IAC-8, a redução é relativamente menor. Com relação à variedade Doko, não foi possível fazer uma avaliação em comparação com a estação chuvosa, mas foi a que apresentou a maior produção de grãos dentre as variedades na estação seca.

TABELA 9 - Produção de grão da soja cultivada na estação seca.

Variedade	Produção de grãos (kg/ha)	E.Seca/E.chuvosa %
BR 79-31339	2797 ab	69
BR 82-4843	1592 c	41
Cristalina	2885 ab	76
BR 82-5467	1432 c	38
BR-15	1527 c	40
Savana	2462 b	65
IAC-8	2607 b	73
IAC-7	2785 ab	86
Eureka	1638 c	53
Doko	3246 a	142
Significância da diferença	**	
LSD 0.05	595	

** Significativo ao nível de 1%

Obs: Valores seguidos pela mesma letra não diferiram estatisticamente a 5% de probabilidade.

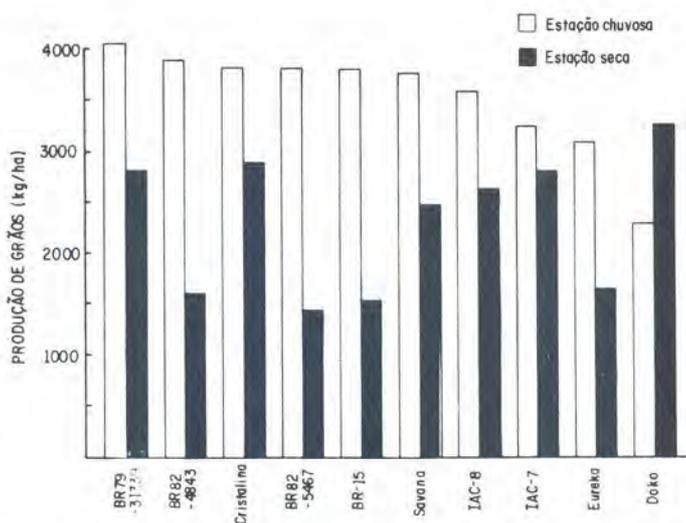


FIG. 8 - Produção de grão de variedades de soja na estação chuvosa e seca.

A produção de grãos entre variedades difere completamente da estação seca para a estação chuvosa. A correlação entre as produções de grãos das 10 variedades em ambas as estações, é praticamente inexistente principalmente quando quando analisamos que $r = 0.049$.

A Tabela 10 mostra, por meio dos coeficientes de correlação, a maneira como os parâmetros de crescimento se relacionam com a produção de grãos. Os índices de área foliar tendem a manter correlações positivas em relação à produção de grãos, enquanto que as taxas assimilatória líquida tendem a apresentar correlações negativas. Isso se assemelha à situação na estação chuvosa (Tabela 8), mas em contraste com a estação chuvosa, quando os coeficientes de correlação foram geralmente baixos, nota-se que esses valores são elevados na estação seca. Isso pode ser interpretado não tanto como resultado da influência direta da produção de matéria seca, mas como efeito das diferentes épocas de floração das variedades, que provocam diferenças no volume das folhas que, por sua vez, influem na produção de grãos de cada variedade.

TABELA 10 - Correlação entre produção de grão e os parâmetros de crescimento nos estádios de crescimento de soja cultivada na estação seca.

Estádios de crescimento	IAF	TAL	TC	Peso seco total
I	-0.200	0.025	0.045	-0.135
II	0.379	-0.677*	-0.533	-0.026
III	0.391	-0.661*	-0.248	-0.397
IV	0.696*	-0.782*	* 0.026	-0.126
V	0.978*	* -0.275	0.711*	-0.255
VI	0.957*	* 0.911*	* 0.906*	* 0.551

Estádio de crescimento

I: 15 a 28 dias

II: 29 a 42 dias

III: 43 a 56 dias

IV: 57 a 70 dias

V: 71 a 84 dias

VI: 85 a 98 dias após emergência

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Quando se cultiva soja na estação seca, a época de floração, de uma maneira geral, ocorre mais cedo do que na estação chuvosa. Presume-se que isso ocorra em função da resposta fotoperiódica da planta às condições de dias curtos da estação seca. A época do florescimento, porém, difere de acordo com a variedade. Dentre as variedades experimentadas, a BR-15, BR 82-4348 e BR 82- 5467 aceleram marcadamente sua época de floração, enquanto que as variedades Eureka, IAC-7, BR 79-31339 e Cristalina apresentam pouca alteração (Tabela 11).

TABELA 11 - Floração e amadurecimento de soja nas estações chuvosa e seca.

Variedade	Nº de dias desde emergência até floração			Nº de dias desde emergência até amadurecimento		
	E.chuvosa	E.seca	Diferença	E.chuvosa	E.seca	Diferença
BR 79-31339	58	55	- 3	127	134	7
BR 82-4843	54	45	- 9	124	97	-27
Cristalina	68	59	- 9	149	139	-10
BR 82-5467	58	49	- 9	134	97	-37
BR-15	69	49	-20	149	104	-45
Savana	65	59	- 6	149	139	-10
IAC-8	61	57	- 4	141	134	- 7
IAC-7	73	71	- 2	149	154	5
Eureka	51	51	0	110	97	-13
Doko	75	67	- 8	149	154	5

O ciclo de uma planta, ou seja, o período compreendido entre a emergência e o maturação, também mostra uma diferença acentuada entre a estação seca e a chuvosa. Essa diferença é bem mais marcante do que a diferença observada entre épocas de floração. Os ciclos das variedades BR-15 e BR 82-5467 na estação seca se encurtam por mais de um mês em relação a estação chuvosa. Entretanto, em contraste a essas duas variedades, na BR 79-31339, IAC-7 ou Doko observou-se que o ciclo das mesmas aumentam.

A antecipação do florescimento em resposta do fotoperíodo constitui uma mudança marcante observada na soja plantada na estação seca, e isso influi acentuadamente no crescimento posterior e resultante produção de grãos da soja. A seguir, procurar-se-á examinar quais seriam essas influências. Como foi dito anteriormente, a soja praticamente pára seu crescimento vegetativo a partir da floração. Sendo assim, quando é antecipada a época de florescimento em função da resposta fotoperiódica, a planta pára o seu crescimento, num estágio em que o seu desenvolvimento ainda não alcançou a sua plenitude. Considerando que o peso seco das folhas (lâmina foliar e pecíolo) representa o tamanho da planta de soja, a Tabela 12 apresenta os valores máximos do peso seco das folhas de cada uma das variedades testadas. Fazendo uma comparação entre as Tabelas 11 e 12, percebe-se a tendência de que o valor máximo do peso seco das folhas das variedades com a floração precoce seja menor, ao contrário do peso seco das folhas de variedades com floração tardia, que é maior. Isso é reforçado também pela alta correlação existente entre os dois grupos (Tabela 13).

TABELA 12 - Valores máximos de peso seco das folhas.

Unidade: g/m²

Variedade	Valor máximo de peso seco das folhas	
	E.chuvosa	E.seca
BR 79-31339	258	199
BR 82-4843	232	109
Cristalina	321	249
BR 82-5467	199	105
BR-15	339	121
Savana	300	207
IAC-8	324	247
IAC-7	284	246
Eureka	193	123
Doko	328	225

TABELA 13 - Correlação entre o número de dias desde emergência até floração, valor máximo de peso seco das folhas e produção de grão observada nas variedades da soja.

Características		Coeficiente de correlação		
		E.chuvosa	E. seca	
Nº de dias desde emergência até floração	x	Valor máximo de peso das folhas	0.788**	0.839**
Valor máximo de peso seco das folhas	x	Produção de grão	0.228	0.929**
Nº de dias desde emergência até floração	x	Produção de grão	0.006	0.843**

** Significativo ao nível de 1%

No que se refere ao acúmulo de matéria seca nos grãos, pode-se pensar numa maior participação da matéria seca produzida anteriormente e armazenada nas partes da planta. Como partes que constituem uma planta no período vegetativo, podem ser citadas a folha, a haste e a raiz, mas levando-se em consideração os altos e baixos nos pesos de matéria seca dessas partes, acredita-se que as folhas constituam a parte da planta que tem o papel mais importante no armazenamento de matéria seca. Com base nessas observações, pode-se admitir que as folhas, no estágio anterior ao desenvolvimento dos grãos atingem valores máximos de peso seco, vindo a ser o principal fator de influência no volume de matéria seca acumulada nos grãos, isto é, as folhas nesse estágio constituem um fator decisivo na produtividade de grãos. Ademais, uma vez que os valores máximos do peso seco das folhas estão intimamente ligados à época da floração, isso também deve ter relação indireta com a produtividade de grãos. A Tabela 13 mostra coeficientes de correlação entre o valor máximo de peso seco das folhas, o número de dias desde emergência até floração e a produtividade de grãos apresentados pelas variedades cultivadas nas estações chuvosa e seca. Na soja da estação chuvosa não se observam tais correlações, mas na da estação seca todos os coeficientes apresentam valores elevados. Esse fato poderia indicar que o acúmulo de matéria seca nos grãos da soja na estação seca ocorre por meio do processo acima citado. No caso de soja da estação chuvosa, essa inexistência de correlação poderia resultar do fato de que há uma provável participação de outros fatores no processo de acumulação da matéria seca nos grãos, bem como do fato de os níveis de produtividade das variedades estarem bem próximos entre si.

Assim sendo, a quantidade de matéria seca a ser armazenada nas folhas, antes do início do desenvolvimento dos grãos, exerce influência não somente sobre o total de matéria seca a ser acumulada nos grãos, mas também sobre o período de tempo em que se dá o acúmulo da mesma nos grãos. Ou seja, quanto maior for a quantidade de matéria seca armazenada nas folhas, mais longo poderá ser o período de acumulação de matéria seca nos grãos. Se a quantidade da matéria seca das folhas for pouca, a acumulação de matéria seca nos grãos terminará em pouco tempo. Considerando como período de acumulação os dias entre a floração e a maturação, ou seja, número de dias que consta na Tabela 11, menos o número de dias entre emergência e floração, utilizou-se este número para estabelecer uma correlação entre o valor indicado para cada variedade e o valor máximo de peso seco das folhas. Como resultado, obteve-se coeficientes de correlação significativos tanto na estação chuvosa quanto na estação seca (Tabela 14). Assim, na soja da estação seca, observou-se uma correlação bastante alta entre o número de dias desde a floração até maturação, o número de dias entre a emergência e maturação e a produtividade de grãos.

TABELA 14 - Correlação entre o número de dias desde floração até maturação e características a ela relacionadas das variedades de soja.

Características		Coeficiente de correlação	
		E.chuvosa	E. seca
Valor máximo de peso seco das folhas	Nº de dias desde floração até a maturação	0.715*	0.938**
Nº de dias desde floração até a maturação	Produção de grão	0.393	0.966**
Nº de dias desde emergência até a maturação	Produção de grão	0.220	0.958**

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Considerando-se as observações acima pode-se ser inferir, resumidamente, que a duração do período vegetativo (desde emergência até floração) é regulado pela resposta ao fotoperíodo, e que no período reprodutivo (da floração a maturação), a duração do período pode ser influenciada pela quantidade de matéria seca armazenada nas folhas antes da formação dos grãos.

4. Variação dos componentes de rendimento da soja nas estações chuvosa e seca

O número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e o peso dos grãos (representado pelo peso de 100 grãos) são considerados componentes do rendimento e constituem características importantes a serem levadas em consideração, quando se examinam questões em torno da produtividade da soja, portanto, objetiva-se a seguir estudar esses componentes frente as condições ambientais da estação chuvosa e da estação seca.

Como se observa na Tabela 15, o número de vagens por planta apresenta grandes variações entre variedades, tanto na estação chuvosa como na seca. A correlação entre estes dados e a produtividade de grãos não é observada na estação chuvosa, enquanto que na estação seca esta correlação se mostra significativa. Com a mudança de condições ambientais da estação chuvosa para a seca, o número de vagens por planta diminui em todas as variedades experimentadas, registrando, em média, uma queda em torno de 60% na estação seca em comparação com a estação chuvosa. Entretanto, a proporção dessa diminuição não difere de forma marcante entre variedades. Em decorrência disso, observa-se uma correlação significativa entre o número de vagem de soja plantadas na estação chuvosa e a da estação seca.

TABELA 15 - Número de vagens por planta da soja nas estações chuvosa e seca.

Variedade	Número de vagem por planta		F. seca E. chuvosa %
	E. chuvosa	E. seca	
BR79-31339	35.3	26.9	76
BR 82-4843	29.8	16.4	55
Cristalina	52.1	28.5	55
BR 82-5467	37.0	18.7	51
BR-15	41.9	22.9	55
Savana	44.7	24.5	55
IAC-8	36.0	20.8	58
IAC-7	46.8	27.6	59
Eureka	26.8	18.2	68
Doko	27.1	23.6	87
Significância da diferença	**	**	
LSD 0.05	11.1	5.0	
Correlação com produção de grão	0.441	0.748*	
Correlação E. chuvosa: E. seca		0.813**	

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

O número de grãos por vagem (Tabela 16) também mostra grandes variações entre variedades tanto na estação chuvosa quanto na estação seca, mas sua correlação com a produtividade de grãos apresentou um valor negativo e significativo na estação seca, e positivo na estação chuvosa. O efeito das variações ambientais difere de acordo com as variedades, havendo aquelas que reduzem esse valor, bem como as que aumentam na estação seca. As variedades que aumentam ou mantêm inalterável esse valor durante a estação seca são a BR 82-4843, BR-15, BR 82- 5467 e Eureka. Todas essas variedades florescem precocemente na estação seca. Ademais, uma vez que essas variedades apresentam baixa produtividade de grãos na estação seca, pode-se notar que a correlação entre essa característica e a produtividade de grãos, mostrou-se negativa. Ainda com relação a essa característica, nota-se uma correlação positiva mas não significativa entre as estações chuvosa e seca. Isso ocorre, como já foi dito acima, em decorrência das diferenças de respostas dadas pelas variedades às variações ambientais.

TABELA 16 - Número de grãos por vagem da soja nas estações chuvosa e seca.

Variedade	Número de grãos por vagem		E.seca/E.chuvosa
	E. chuvosa	E. seca	%
BR 79-31339	2.26	1.89	84
BR 82-4843	2.30	2.40	104
Cristalina	2.22	1.73	78
BR 82-5467	2.22	2.29	103
BR-15	2.15	2.15	100
Savana	1.95	1.70	87
IAC-8	1.91	1.87	98
IAC-7	1.90	1.74	92
Eureka	2.23	2.38	107
Doko	1.85	1.89	102
Significância da diferença	**	**	
LSD 0.05	0.08	0.14	
Correlação com produção de grão	0.608	-0.855**	
Correlação E.chuvosa: E.seca	0.645		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

A Tabela 17 apresenta a característica do peso de 100 grãos. Pode-se notar que essa característica apresenta também variações entre variedades, tanto na estação chuvosa quanto na estação seca. Observa-se, porém, que quase inexistente a correlação com a produção de grãos na estação chuvosa, enquanto que na estação seca seu valor é elevado. A variação do peso de 100 grãos, diante das variações ambientais da estação chuvosa para a seca, depende da variedade, sendo que BR 82-4843, BR 82-5467, BR-15 e Eureka reduzem o seu valor, ao passo que as demais variedades aumentam o mesmo. As variedades acima mencionadas cujo peso de 100 grãos diminui na estação seca coincidem com aquelas cujo número de grãos por vagem aumenta durante a seca. Isso obviamente não ocorre por acaso e portanto, acredita-se que seja por causa da existência de algum tipo de correlação entre o processo que define o número de grãos por vagem e o processo que determina o peso de 100 grãos.

TABELA 17 - Peso de 100 grãos da soja nas estações chuvosa e seca.

Variedade	Peso de 100 grãos		E.seca/E.chuvosa %
	E. chuvosa	E. seca	
BR 79-31339	14.8	18.7	126
BR 82-4843	17.9	12.1	68
Cristalina	14.5	17.6	121
BR 82-5467	15.5	11.3	73
BR-15	14.5	11.1	77
Savana	15.2	19.6	130
IAC-8	17.6	20.9	119
IAC-7	13.7	15.5	113
Eureka	16.4	10.5	64
Doko	16.3	20.6	126
Significância da diferença	**	**	
LSD 0.05	1.3	1.9	
Correlação com produção de grão	-0.139	0.884**	
Correlação E.chuvosa: E.seca		-0.050	

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Dessa forma, no que se refere ao peso de 100 grãos, não foi possível encontrar correlação entre a soja da estação chuvosa e a da estação seca, uma vez que existe uma clara interação entre as variedades e condições ambientais.

A Tabela 18 mostra a correlação entre esses 3 componentes de rendimento de soja nas estações chuvosa e seca. Na estação chuvosa nota-se apenas uma correlação negativa significativa entre o número de vagens por planta e o peso de 100 grãos, não havendo correlação significativa entre outras características. Na soja da estação seca existem correlações negativas consideravelmente altas entre o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem, assim como entre o número de grãos por vagem e o peso de 100 grãos. O fato de as correlações aparecerem de modo diferente, como se vê na tabela, nas estações chuvosa e seca, poderia ser explicado pelas variações dessas características em função das condições ambientais, e também pela maneira diferente de resposta de cada variedade.

TABELA 18 - Correlação entre os componentes de produção da soja nas estações chuvosa e seca.

Fatores		Coeficiente de correlação	
		Estação chuvosa	Estação seca
Nº de vagem/pl	x Nº de grão/vagem	-0.098	-0.870**
Nº de vagem/pl	x Peso de 100 grãos	-0.724*	0.545
Nº de grão/vagem	x Peso de 100 grãos	0.060	-0.820**

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1 de probabilidade

Conclusão

A soja cultivada na estação seca apresenta um comportamento diferente da soja na estação chuvosa, tanto em termos de crescimento vegetativo, quanto em termos de crescimento reprodutivo.

No crescimento vegetativo, a soja da estação seca apresenta um desenvolvimento da área foliar inferior, em comparação com a soja cultivada na estação chuvosa. Em função disso, a produção de matéria seca diminui e, conseqüentemente o seu peso de matéria seca total permanece baixo em todo decorrer do período de crescimento. Essa redução no crescimento vegetativo pode ser interpretada principalmente como efeito da temperatura relativamente baixa da estação seca. E isso, conjugado com as variações do crescimento reprodutivo, vem a ser a causa da queda de produtividade da soja na estação seca.

No que diz respeito ao crescimento reprodutivo, de um modo geral, existe uma antecipação na emissão de inflorescência e na floração na soja da estação seca, quando comparada com a da estação chuvosa. Isso constitui, evidentemente, o resultado da resposta às condições fotoperiódicas da estação seca, nas quais o fotoperíodo é bem mais curto.

Já que a sensibilidade da soja às condições fotoperiódicas varia de acordo com a variedade, surgem grandes diferenças varietais também na floração da soja na estação seca. Essa variação da época de floração conforme a resposta fotoperiódica pode exercer influências sobre o posterior desenvolvimento reprodutivo e, finalmente, sobre a produtividade de grãos por meio de processo discutido a seguir.

Na abrangência das variedades e linhagens (todas de hábito determinado) aqui estudadas, a soja paraliza o seu crescimento vegetativo assim que começa a emitir inflorescências. Sendo assim, as diferenças varietais na antecipação ou retardamento da época de floração, em função das respostas fotoperiódicas, passam a gerar diferenças na duração (curta ou longa) do período que mantém o crescimento vegetativo da planta. Essa duração do período de crescimento vegetativo está ligada à quantidade de matéria seca a ser armazenada nas partes da planta.

Por outro lado, na acumulação de matéria seca nos grãos, pode-se pensar que não somente existe uma participação direta da produção de matéria seca que ocorre na mesma época, mas também há uma participação grande de matéria seca produzida anteriormente e até então armazenada nas partes da planta. Por conseguinte, se houver diferença na quantidade de matéria seca armazenada nas partes da planta, haverá também diferença na quantidade de matéria seca a ser transferida (translocada) e acumulada nos grãos, o que resultaria no aparecimento de diferenças também na produtividade de grãos.

Isso constitui uma das explicações a respeito dos motivos pelos quais surgem as grandes variações na produtividade de grãos, observadas entre variedades de soja plantadas na estação seca. Assim muitos dos resultados obtidos neste experimento confirmam a adequação da explicação dada.

Com relação à soja cultivada na estação chuvosa, é difícil explicar as diferenças varietais de produtividade somente por meio da teoria acima citada. Presume-se que isso possa ocorrer por causa de fortes influências de outros fatores dentro do processo de acumulação da matéria seca nos grãos. Supõe-se, entretanto, que funcione também durante a estação chuvosa, um

mecanismo de formação de grãos parecido com o que foi mencionado.

O número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e o peso de 100 grãos, constituem as características dos componentes de rendimento da soja. Esses componentes apresentam diversas variações de acordo com as diferenças de condições ambientais da estação chuvosa e da seca. Em outras palavras, o número de vagens por planta se reduz acentuadamente na soja da estação seca, mas os níveis de redução entre variedades não apresentam grande diferenças. Entretanto no que se refere ao número de grãos por vagem e ao peso de 100 grãos, há variedades que apresentam uma redução na estação seca, assim como há aquelas que chegam a aumentar nessa mesma época. Além disso, as variedades cujo peso de 100 grãos diminuiu durante a estação seca, chegaram a mostrar tendências para um aumento no número de grãos por vagem. Assim, dado que essas características mostram variações conforme condições ambientais de uma maneira tão complexa torna-se necessário cuidados minuciosos quando se tratar das questões relativas a essas características.

Do ponto de vista econômico, o problema mais sério no cultivo da soja na estação seca seria a sua baixa produtividade de grãos. Essa diminuição de produtividade decorre, como já foi visto, da curta duração do dia e da temperatura relativamente baixa que se observam na estação seca. Essas condições são características da estação seca e são, portanto, impossíveis de serem evitadas ou controladas artificialmente. Portanto com base nos resultados obtidos é praticamente impossível aumentar a produtividade das variedades estudadas e cultivadas na estação seca, até alcançar o mesmo nível de produção da soja da estação chuvosa, por meio de outras técnicas como adubação ou tratos culturais.

Ocorre que, felizmente, há diferenças marcantes entre variedades em resposta às condições ambientais da estação seca, sobretudo no tocante à sensibilidade da planta diante das condições fotoperiódicas, havendo ainda, conforme variedade, aquelas que apresentam a queda de produtividade relativamente menor. Sendo assim, quando se pretende cultivar a soja na estação seca, é extremamente importante variedades, para que a escolha caisa sobre variedades que apresentar menor queda na produtividade mesmo nessas condições.

Observando-se as 10 variedades utilizadas neste estudo, aquelas que apresentam o nível de queda de produtividade relativamente menor são a Doko, IAC-7, Cristalina e IAC-8. Elas poderiam ser consideradas como variedades adequadas para o cultivo na estação seca. Por outro lado, as varie-

dades que diminuem drasticamente a produção de grãos na estação seca são a BR 82-5467, BR-15, BR 82-4843, etc. Sendo assim, as variedades com produtividade muito baixa no cultivo durante a estação seca, revelam-se como altamente sensíveis às condições fotoperiódicas, não somente são inadequadas ao cultivo na estação seca, como também correm o risco de apresentarem menor produtividade, caso sejam cultivadas nas faixas de latitude menores, ou se houver atraso na época de semeadura. Aspectos como esses devem ser obrigatoriamente levados em consideração, quando se trata da escolha de variedades da soja para serem cultivadas efetivamente. Utilizou-se a metodologia chamada análise de crescimento para analisar o crescimento e o processo de formação a produção de grãos sob perspectiva de produção da matéria. No entanto, os resultados obtidos indicaram que o método normal da análise de crescimento não chega a elucidar por completo a produtividade da soja. Isso decorre devido a possibilidade do acúmulo da matéria seca nos grãos de soja não estar diretamente ligado à produção de matéria seca da planta inteira: pode-se pensar na existência de um processo intermediário de armazenamento da matéria seca nas folhas, entre a produção e o acúmulo da mesma nos grãos. Por conseguinte, nas futuras tentativas de elucidação acerca da produtividade da soja, sugere-se pesquisar também o comportamento da matéria seca dentro da planta, como por exemplo o armazenamento de matéria seca nas folhas e a sua translocação para os grãos.

Referências Bibliográficas

- BEAVER, J.S.; COOPER, R.L. Dry matter accumulation patterns and seed yield components of two indeterminate soybean cultivar. **Agronomy Journal**, v. 74, p.380-385, 1982.
- BUTIERY, B.R. Analysis of the growth of soybeans as affected by plant population and fertilizer. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 49, p.675-684, 1969.
- CLAWSON, K.L.; SPECHT, J.E.; BLAD, B.I. Growth analysis of soybean isolines differing in pubescence density. **Agronomy Journal**, v. 78, p.164-172, 1986.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1979-80**. Planaltina, 1981. p.104.

- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1980-81**. Planaltina, 1982. p.106.
- FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo, Ed. Pedagógica e Universitária, 1979. v. 1.
- HUNT, R. Plant growth analysis. *Studies in Biology*, n. 96, p.29, 1978.
- IZUMIYAMA, Y. Studies on the production and distribution of dry matter as a basis of sugar beet yield. **Research Bulletin of Hokkaido National Agricultural Experiment Station**, v. 121, p.13- 68, 1978. Texto em japonês e resumo em inglês.
- IZUMIYAMA, Y. Production and distribution of dry matter as a basis of sugar beet yield. **Japan Agricultural Research Quarterly**, v. 17, p.219-224, 1984.
- KOKUBUN, M.; WATANABE, K. Analysis of the yield-determining process of field-grown soybean in relation to canopy structure: II. Effect of plant type alternation on solar radiation interception and yield components. **Japanese Journal of Crop Science**, v. 50, p.311-317, 1981.
- KOKUBUN, M.; WATANABE, K. Analysis of the yield determining process of field-grown soybean in relation to canopy structure: VI. Characteristics of grain production to plant types as affected by planting patterns and planting densities. **Japanese Journal of Crop Science**, v. 51, p.51-57, 1982.
- NAKASEKO, K.; GOTOH, K. Comparative studies on dry matter production, plant type and productivity in soybean, azuki bean and kidney bean: III. Dry matter production of soybean plant at various population densities. **Japanese Journal of Crop Science**, v. 50, p.38-46, 1981.
- OJIMA, M.; FUKUI, J. Studies on the seed production of soybean: 3. An analytical study of dry matter production in the soybean plant community. **Japanese Journal of Crop Science**, v. 34, p.448-452, 1966.
- OJIMA, M.; FUKUI, J. Studies on the seed production of soybean: 4. The contributions of dry matter production to the grain yield. **Japanese Journal of Crop Science**, v. 34, p.453-456, 1966.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulate: their use and abuse. **Crop Science**, v. 7, p.1-175, 1967.
- SCOTT, H.D.; BATCHELOR, J.T. Dry weight and leaf area production rates of irrigated determinate soybeans. **Agronomy Journal**, v. 71, p.776-782, 1979.

- SIVAKUMAR, M.V.K., SHAW, R.H. Method of growth analysis in field-grown soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). **Annals of Botany**, v. 42, p.213-222, 1978.
- URBEN FILHO, G.; SPEHAR, C.R.; SOUZA, P.I.M. Efeito da população de plantas sobre variedade de ciclo longo no plantio de inverno. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-85**. Planaltina, 1987. p.303-305.
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, v. 4, p.101-145, 1952.

AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO EM TRIGO PELO MÉTODO DA HEMATOXILINA E SUA UTILIZAÇÃO PRÁTICA

Michio Makita¹; Júlio Cezar Albrecht²; Carlos Roberto Spehar³

RESUMO - O método de coloração pela hematoxilina, para se avaliar a tolerância ao alumínio em estágios iniciais da planta de trigo, é fácil e de elevada precisão, conforme relatado por Polle et al. (1978) e Takagi et al. (1981). Este método foi utilizado no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), e confirmou-se adequado para estudos genéticos de tolerância ao alumínio e para a seleção de genótipos em programas de melhoramento. Conclui-se que: 1) com alguns ajustes na utilização da mesma metodologia proposta por Takagi et al. (1981) obtiveram-se resultados similares; 2) ficou evidenciado que a produtividade é baixa no cultivo de período chuvoso, quando as cultivares necessitam de tolerância ao alumínio, e elevada no período da seca (cultivo irrigado) quando não necessitam tanto da tolerância; 3) o padrão de tolerância ao alumínio de 140 genótipos originados no Brasil, foi considerado, em geral, bastante elevado, apesar de apresentar variações de acordo com a origem. As cultivares registradas e linhagens superiores foram classificadas como de alta a média tolerância, e confirmaram resultados anteriormente obtidos. Os dados indicam que o padrão de tolerância ao alumínio das cultivares brasileiras é bem elevado, na comparação com os outros países; 4) a investigação sobre a genealogia de 5 cultivares recomendadas para os Cerrados com alta tolerância ao alumínio, mostrou que os fatores genéticos de resistência têm origem nas cultivares brasileiras com ancestrais comuns; 5) Com o cruzamento de cultivares tolerantes e susceptíveis ao alumínio, obteve-se quatro populações em F₂, das quais derivaram linhagens F₃. Pela avaliação de sua tolerância ao alumínio, foi confirmada a possibilidade de utilização do método da hematoxilina para a seleção de indivíduos e a subsequente avaliação de suas progênes.

¹ Agrônomo, Consultor da EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agr., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

³ Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/CPAC.

EVALUATION OF ALUMINIUM TOLERANCE IN WHEAT SEEDLINGS BY HEMATOXYLIN STAINING AND ITS PRACTICAL UTILIZATION

ABSTRACT - The hematoxylin staining method to evaluate aluminium tolerance in wheat seedlings is easy to use and of high precision as reported by Polle et al., (1978) and Takagi et al., (1981). The method was repeated in the Cerrados National Research Center, EMBRAPA-CPAC, Brasília, DF, Brazil and confirmed to be adequate in genetic studies and to select genotypes for aluminium tolerance. It is concluded that: 1) some adjustment is necessary to obtain similar results to the ones reported in the literature; 2) screening of varieties makes evident that yield in the rain fed cultivation is mostly dependent of aluminium tolerance, in contrast to the irrigated cultivation; 3) the standard for aluminium tolerance among the 140 Brazilian genotypes was considered to be high, even though some variation was observed according to the origin. The cultivars and elite breeding lines were classified as high and superior to the ones originated from other countries; 4) investigation on the genealogy of five cultivars recommended for the Cerrados, indicated that genetic factors for aluminium tolerance come from common ancestors; 5) In progeny tests with F2 hybrids between tolerant and susceptible varieties, the selected plants originated F3 progenies with a higher frequency of tolerant individuals and confirmed the efficiency of hematoxylin staining test in a breeding programme.

Introdução

Admite-se que a toxidez de alumínio e a de manganês nas plantas é o principal fator causador de danos pela acidez do solo (Vose et al. 1962). De acordo com os dados do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/SNLCS, 1981), a região dos Cerrados é constituída de 46% (940.000 km²) de latossolo do qual mais de 95% se caracterizam por serem ácidos e distróficos. Grande parte do latossolo do Cerrado é álico, com ponto de saturação de alumínio maior que 50% causando toxidez às plantas (Goedert, W.J., Ed. 1989). O seu reflexo é primeiramente verificado nas raízes, danos no seu crescimento e na divisão das células meristemáticas.

Quando se inicia cultivo nos Cerrados, é sugerido o seguinte método de correção do solo: eliminação da vegetação; distribuição e incorporação da metade do calcário necessário, recomendado com aração e gradagem; mais uma aração e gradagem de nivelamento para incorporação do calcário restante e nutrientes. Novas adições de calcário são efetuadas ao longo do tempo de acordo com as alterações da acidez do solo. Entretanto, devido aos corretivos não atingirem o sub-solo, torna-se necessária a seleção de plantas tolerantes à toxidez de alumínio, para um aprofundamento radicular que permita melhor exploração da água em períodos de deficiência hídrica.

O trigo apresenta variabilidade para tolerância ao alumínio (Tanaka, 1989), a qual é de grande importância na adaptação da espécie ao cultivo nos Cerrados. A metodologia tradicional para elevar a resistência ao alumínio, consistia no cultivo de populações em áreas com níveis elevados de alumínio com avaliação visual do nível de dano em relação a cultivares-padrão. Como o dano primário ocorre na raiz, muitos pesquisadores, em seus experimentos de genética e melhoramento, utilizaram o método de avaliação do índice de crescimento radicular em experimentos sob hidroponia (Foy et al., 1974; Kerridge et al., 1968; Lafever et al., 1977). No entanto, estes métodos apresentavam dificuldades na prática. Polle et al. (1978) desenvolveram um método de avaliação da resistência ao alumínio, em solução nutritiva, pela coloração com hematoxilina das raízes seminais de trigo desenvolvidas sob stresse daquele elemento. Posteriormente Takagi et al. (1981) avaliaram a sua utilização prática. Como resultado, foi relatado que o método de coloração pela hematoxilina possui alta precisão, é de fácil execução e de boa eficiência nos estágios iniciais.

O presente experimento objetivou a aplicação do método relatado por Takagi et al. (1981) com os equipamentos disponíveis no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) para verificação da sua praticidade na avaliação de tolerância ao alumínio dos genótipos brasileiros.

Experimento 1 - Avaliação da tolerância ao alumínio pelo método de coloração com hematoxilina.

1. Objetivo

Takagi et al. (1981), avaliaram a praticidade do uso do método de coloração pela hematoxilina e o adequaram para trabalho de rotina. O objetivo deste experimento foi verificar a repetitibilidade dos resultados e sua aplicação, com os equipamentos disponíveis no CPAC.

2. Material e Métodos

2.1 Equipamentos e reagentes

O recipiente para a acomodação das sementes germinadas constituiu-se em um escorredor de laboratório, de 30 cm de altura, 24 cm de largura e 10 cm de altura, feito de resina sintética cujo fundo é um látice quadriculado e com um recipiente para a drenagem. As sementes foram distribuídas sobre a depressão de uma malha plástica fixada de forma ondulada sobre o fundo do escorredor. O volume de solução nutritiva, colocada no recipiente, foi ajustado para que as sementes dispostas na depressão da malha ficassem em contato com a superfície do líquido. Na aeração por compressor, utilizaram-se dois tubos de "vynil", com inúmeros orifícios fixados no fundo do recipiente. Quatro recipientes foram preparados com a mesma solução nutritiva, a qual foi substituída por solução tratamento. O experimento foi conduzido em incubadora, Percival, (Boone, Iowa, EUA) com controle de umidade e luminosidade. A composição da solução nutritiva foi a seguinte: CaCl_2 4 mM; KNO_3 6,5 mM; $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 2,5mM; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,1 mM e NH_4NO_3 0,4 mM. O pH foi ajustado para 4.0 com ácido clorídrico a 0.25N. Como fonte de alumínio, utilizou-se cloreto de alumínio ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Preparou-se a solução de hematoxilina com a adição de 0.02% iodato de sódio (NaIO_3) em solução de hematoxilina a 0.2%. O experimento foi conduzido com duas repetições, cada tratamento com cinco plantas/variedade.

2.2 Procedimentos

1º dia - Germinação das sementes: Às 9 horas da manhã, as sementes foram depositadas sobre papel-filtro, disposto no fundo de uma placa de Petri, umedecidas com água deionizada e incubada a 25 °C, com 12 horas de período luminoso. Estas mesmas condições de temperatura e luminosidade foram mantidas durante a condução do experimento e diferem do método empregado por Takagi et al. (1981) em que as sementes foram germinadas diretamente sobre a solução.

2º dia - Crescimento radicular: Vinte e quatro horas após a germinação selecionaram-se cinco sementes mais uniformes as quais foram distribuídas sobre o escorredor em contato com a solução nutritiva. Levou-os à incubadora e efetuou-se a aeração. Para se evitar o ressecamento, a parte superior foi coberta com filme plástico.

3º dia - Adição de alumínio: Trinta horas após substituiu-se por solução nutritiva com 4 diferentes níveis de concentração de alumínio, quais sejam: 0.18 mM, 0.36 mM, 0.72 mM e 1.40 mM. Nesta ocasião, o comprimento radicular era de 1-2 cm.

4º dia - Coloração de hematoxilina: Às 9 horas da manhã, após (17 horas), retiraram-se os recipientes da câmara incubadora, substituiu-se a solução com alumínio por água deionizada e procedeu-se a lavagem por 1 hora, com aeração. Em seguida, secaram-se as raízes e imergiram-nas em recipiente com solução de hematoxilina por exatamente 15 minutos. O excesso de solução corante foi eliminado com água corrente e, novamente recolocou-se o escorredor no recipiente com água deionizada para lavagem por 30 minutos com aeração. A seguir, avaliou-se o grau de resistência.

2.3 Avaliação

Os indivíduos, com crescimento radicular aproximado de 1,5 cm foram usados para as avaliações do grau de coloração na extensão de aproximadamente 5-6 mm da extremidade da raiz. Foram considerados susceptíveis aqueles que se coloriram e tolerantes os que não apresentaram coloração. Houve casos onde a extremidade e a parte superior coloriram-se, mas com a parte intermediária de 1-2 mm descolorida. Estas foram consideradas como não coloridas. Como descrição de Takagi et al. (1981), a classificação foi dividida em 5 categorias índices, em função da concentração de alumínio: 1 - não colore mesmo a 1.40 mM (alta tolerância); 3 - colore a 1.40 mM (tolerância); 5 - colore a 0.72 mM (intermediária); 7 - colore a 0.36 mM (susceptibilidade); e 9 - colore a 0.18 mM (alta susceptibilidade).

2.4 Semente

Foram testadas 31 cultivares de trigo do Japão (1 - 31), Atlas cultivar-padrão tolerante e Brevor susceptível. Estas 33 cultivares fizeram parte das avaliações de Takagi et al. (1981). As cultivares japonesas foram obtidas no banco de germoplasma do Instituto Nacional de Recursos Agrobiológicos (NIAR, Tsukuba, Japão), do mesmo lote conservado e utilizado por aqueles autores. Atlas-66 e Brevor, provieram da mesma fonte, porém com dúvidas sobre a Atlas-66, para a qual se dispunham de dois lotes.

3. Resultados e Discussão

As avaliações de tolerância ao alumínio foram registradas e comparadas com os resultados de Takagi et al. (1981) na Tabela 1. Houve coincidência de resultados, com exceção de duas amostras cujos índices se diferiram e três com variações nas repetições, como: Norin-54, descrito por Takagi et al. (1981) como tolerante e com índice 7 neste experimento, Atlas-66 altamente tolerante e que neste experimento apresentou índice 3 e confirma os resultados encontrados por Polle et al. (1978). Entretanto, na classificação de Takagi et al. (1981) o índice 1 foi dado quando na concentração de 1.40 mM ainda restou parte branca na extremidade da raiz, apesar de muito pouca. Essa diferença nos resultados é questionável e pode estar ligada a subjetividade do método. Houve também algumas diferenças entre as repetições do experimento porém sem grandes diferenças entre indivíduos. Estes resultados mostraram alta repetitividade e tornam possível a utilização deste método em experimento com alumínio em trigo para avaliação de diferença varietais de tolerância ao alumínio e para a triagem de populações no melhoramento e em experimentos genéticos.

TABELA 1 - Reação de cultivares japonesas ao alumínio pelo método de hematoxilina.

Cultivar	Índice		Cultivar	Índice	
	Takagi et al. 1981	CPAC		Takagi et al. 1981	CPAC
Norin Nº 4	7	5-7	Norin Nº 67	7	7
" 9	7	7	" 68	7	7
" 19	7	7	" 69	5	5
" 23	7	7	" 70	5	5
" 26	7	7	" 71	7	7
" 30	5	5	" 72	5	5
" 34	7	7	Akabouzu	3	3
" 43	7	7	Hirakikomugi	3	3
" 46	5	5	Kitakami	5	5
" 50	7	7	Igachikugo	7	7
" 52	7	7	Sanshukotake	3	3
" 53	7	7	Saitama nº 27	7	5-7
" 54	3	7	Shinchucho	5	5
" 59	5	5	Eshimashinri	7	5-7
" 61	5	5	Atlas 66	1	3
" 63	7	7	Brevor	9	9
" 64	7	7			

Índice: 3 (tolerante); 5 (intermediário); 7 (susceptível); 9 (altamente susceptível)

Experimento II - Produção e nível de tolerância ao alumínio das cultivares de trigo recomendadas para os cerrados

1. Objetivo

Elucidar o efeito dos danos causados pelo alumínio nas cultivares recomendadas ao cultivo nos cerrados, onde estão incluídos os estados de Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal e Mato Grosso.

2. Material e Métodos

Selecionaram-se nove cultivares com base nos resultados do ano de 1990 (EMBRAPA - CPAC, 1990) indicadas para cultivo de sequeiro na época chuvosa, em sucessão e 6 cultivares para o cultivo irrigado na época da seca. Esse material foi avaliado no campo em presença de alumínio, onde foi caracterizado por avaliação visual.

3. Resultados e Discussão

3.1 Resposta das cultivares da época chuvosa.

Na Tabela 2 estão apresentados os índices de tolerância ao alumínio das cultivares para cultivo na época chuvosa determinados pelo método de coloração pela hematoxilina e avaliação de campo no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, EMBRAPA-CNPT. Desse material obtiveram-se: 6 cultivares com índice 3 (tolerante), 2 com índice 5 (intermediário) e 1 com índice 7 (susceptível). Nos resultados da avaliação de campo, sete cultivares mostraram-se resistentes, uma moderadamente resistente e uma moderadamente susceptível. Dessa forma, constata-se que no cultivo na época chuvosa são utilizadas cultivares com alta tolerância ao alumínio. A causa disso é que o alumínio ainda está presente no subsolo e limita o aprofundamento radicular de variedades susceptíveis as quais sofrem mais o estresse hídrico, o que acarreta redução na produtividade sendo por isso descartadas do programa de melhoramento (Camargo, 1980). As produtividades de grãos destas cultivares vão de 0.8 a 1.8 ton/ha, muito baixo se comparado com as produtividades de grãos das cultivares recomendadas sob irrigação (Tabela 2) que gira em torno de 5 ton/ha. Além da limitação de solo, outra razão da baixa produtividade é a redução no ciclo de cultivo (Makita, 1986).

TABELA 2 - Tolerância ao alumínio de cultivares de trigo recomendadas ao cerrados do Brasil Central.

Cultivar	Estado	Índice	Crestamento no campo ¹	Produção ² (ton/ha)
..... sequeiro.....				
BH 1146	MG, GO, DF, MT	3	R	1.2
BR 8	MG	3	R	1.8
BR 16	MG, GO, DF	5	R	1.0
BR 24	MG, GO, DF	3	R	1.2
BR 25	MG, GO, DF	3	R	1.1
BR 26	MG	7	MS	0.8
IAC 5	MG, GO, DF, MT	3	R	1.2
IAC 21	MG, GO, DF	3	R	1.2
MG 1	MG	5	MR	1.2
..... irrigado.....				
ANAHUAC	MG, GO, DF, MT	9	AS	5.7
BR 10	MG, GO, DF, MT	5	MS	5.3
BR 12	MG, GO, DF	5	MS	5.2
BR 33	GO, DF	5	MS	5.4
IAC 24	MG	3	MR	4.9
Candeias	MG, GO, DF, MT	5	MS	4.8

¹ MR: Moderadamente Resistente; MS: Moderadamente susceptível; AS: Altamente susceptível.

² Sequeiro - 1990; irrigado - 1991.

3.2 Resposta das cultivares para a cultura irrigada

A tolerância ao alumínio e a produção de grãos das cultivares recomendadas para o cultivo sob irrigação na época da seca, estão apresentadas também na Tabela 2. Obtiveram-se os seguintes índices: uma cultivar com índice 3 (tolerante), quatro com índice 5 (intermediário) e uma com índice 9

(altamente susceptível). Nos resultados da avaliação de campo, uma cultivar foi considerada como MR (moderadamente resistente), quatro como MS (moderadamente susceptível) e uma como AS (altamente susceptível). No cultivo irrigado, empregam-se cultivares sensíveis aos danos de alumínio, as quais foram selecionadas em ausência do elemento. As suas raízes concentram-se na camada arável que está sempre bem suprida de água e nutrientes. A produtividade destas variedades é de 4,8 a 5,7 ton/ha, o que é bastante elevada em comparação com o cultivo na época chuvosa. São em geral, variedades mexicanas selecionadas para produtividade. Como foi mostrado acima, a ocorrência da toxidez de alumínio em trigo limita a escolha da variedade e, isso pode limitar a produtividade. Para a resolução do problema, é necessário conjugar a melhoria do solo com o desenvolvimento de cultivares tolerantes ao alumínio e com alta produtividade. O emprego do método da hematoxilina deverá ser bastante útil para se alcançar estes objetivos.

Experimento III - Avaliação de tolerância ao alumínio de cultivares e linhagens brasileiras

1. Objetivo

Avaliar as cultivares e linhagens brasileiras e para tolerância aos danos do alumínio e utilizá-los como progenitores no desenvolvimento de cultivares.

2. Material e Métodos

O método de avaliação da tolerância do alumínio é mesmo empregado no experimento I.

Foram utilizadas as 140 cultivares e linhagens apresentadas na Tabela 3. Estas foram obtidas na EMBRAPA-CNPT, em outros institutos de pesquisa nacionais e estrangeiros que trabalham com melhoramento genético.

TABELA 3 - Índice de tolerância das cultivares e material de melhoria Brasileiras e cultivares Estrangeiras.

Índice 1 (Alta tolerância) Inexistente

Índice 3 (Tolerância) BH 1146, BR 4, BR 8, BR 15, *BR 18, BR 23, BR 25, *BR30, BR 34, BR 37, B 38, *BR 39, BR 41, BR 43, CEP 11, CEP 14, CEP 19, CEP 21, CNT 1, CNT 8, CPAC 841136, CPA 8717, Encruzilhada, Frontana, *Florida 303, GD 8366, IAC 5, IAC 13, IAC 21, IAC 24, IAC 27, IP 43544, *IPF 57340,;IAS 54, Jacui, OC 8911, *ONDA INIA, PF 8545,PF 8592, PF 85137, PF 85539, P 859244, PF 86238, PF 869120, PF 869155, PF 8776, PF 87107, PF 87373, PF 88490, PF 88623, P 88649, PF 89310, PF 89313, PF 89316, PF 89318, PF 89327, PF 893235.

Índice 3-5 BR 35, IAPAR 6, *IAPAR 21, *Pionero INTA, PF 86803, PF 88638.

Índice 5 (Intermediário) *Andy, *BR 10, *BR 11, BR 12, BR 16, *BR 17, BR 24, BR 32, *BR 33, BR 40 *Candeias, CPAC 8886, *E 87116, GD 8826, IAC 162, IAPAR 41, *IPF 56931, *IPF 61162, MG 1 *OCEPAR 11, OCEPAR 19, OCEPAR 20, OC 899, PAT 7392, PF 772003, PF 801034, PF 832006, P 84409, PF 869100, PF 88498, PF 88522, PF 88603, PF 88629, PF 88639, PF 89206, PF 89246.

Índice 5-7; *Buck Pamgaré, *China 7, *Coker 762, CPAC 8597, *E 86107, EP 8737, *LD 8740.

Índice 7 (Susceptibilidade); *Anahuac 75,;BR 20,; *BR 26,;EP 8724, EP 87100, *Etruria, Hulha Negra IAC 287, *IAPAR 28, *IAPAR 29, IOC 891, *IPF 58343, *Jarka, *LAP 2078, MS 6084, *Neretva *Ning 8331, PF 85161.

Índice 7-9; *IAPAR 17, IAPAR 30.

Índice 9;(Alta susceptibilidade);*BR 36,;*Buck Poncho,;*Century, CPAC 8393, CPAC 861007, *J 3138, *Karim, *Klein Chamaco, *LAJ 2965, *LAP 1144, *Oasis, *OCEPAR 7, *Pampa INTA *Romanija.

* Introduzida do exterior

3. Resultados e Discussão

Classificaram-se os genótipos nos seguintes níveis: 61 (44%) com índice 3 (tolerante) e 43 (31%) como 5 (intermediário), num total de 104, ou seja, 75% dos genótipos avaliados. Os genótipos com índice 7 (susceptíveis) e índice 9 (altamente susceptíveis) não excederam a 36 (25%) (Tabela 3). Considere-se que, para fins de classificação, o nível intermediário entre os índices 3 e 5, foi admitido como 3. A Figura 1 mostra os índices de tolerância ao alumínio das cultivares brasileiras e estrangeiras separadamente, onde 96 (69%) são brasileiras, das quais 84 (60%) corresponderam aos índices 3 e 5 e 12 aos 7 e 9, respectivamente. Torna-se evidente que cultivares brasileiras são superiores em tolerância ao alumínio. Entretanto, nenhum genótipo apresentou índice 1 (elevada resistência) o que foi considerado como difícil de se obter na prática, onde a seleção foi sempre influenciada pelo ambiente.

Na Figura 2 comparam-se os índices de tolerância ao alumínio de 26 cultivares registradas, com os dados retirados do trabalho de Takagi et al. (1981). As cultivares brasileiras representam 57% do total e apresentam índice 3 (tolerância) enquanto que 48% das cultivares japonesas apresentam índice 7 (susceptibilidade). Dessa forma, a tolerância das cultivares brasileiras em comparação com as japonesas foi bastante alta.

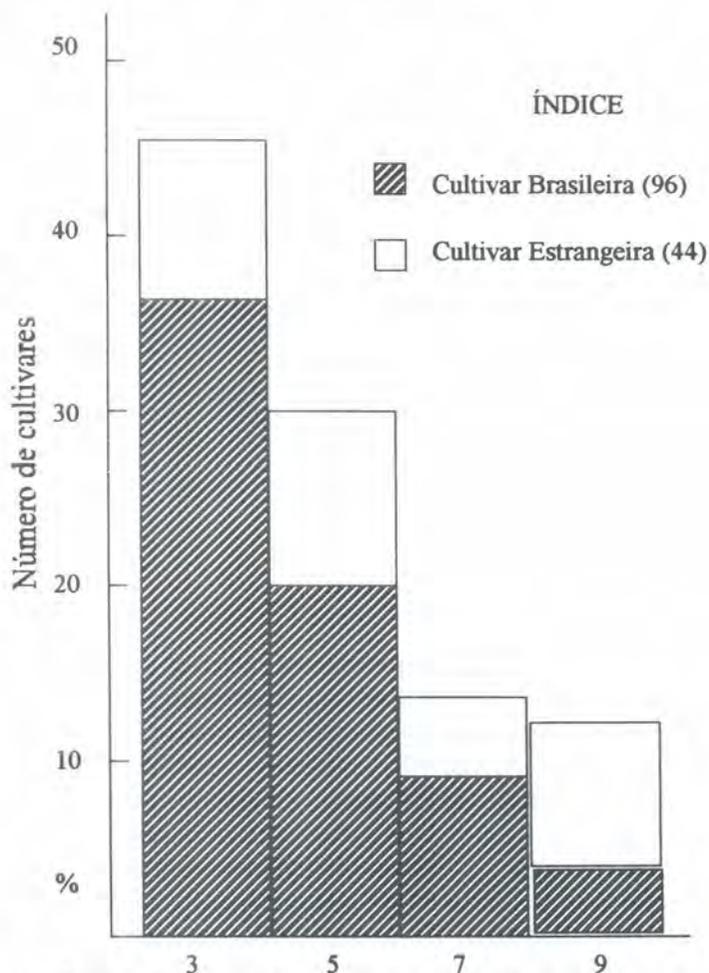


FIG. 1 - Índice de tolerância ao alumínio das cultivares de trigo brasileiras e estrangeiras.

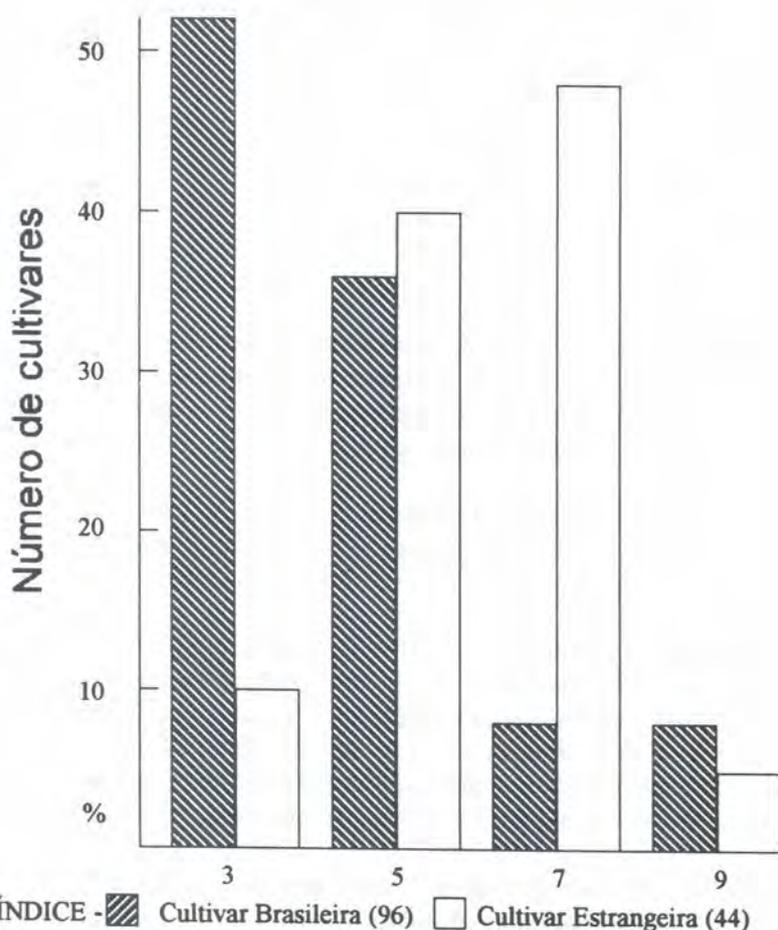


FIG. 2 - Índice de tolerância ao alumínio das cultivares Brasileiras e Japonesas.

Na Tabela 4 é mostrada a distribuição dos índices de tolerância dos genótipos desenvolvidos ou introduzidas pelas principais instituições de melhoramento, onde se percebe a influência do local de origem na reação ao alumínio. Os níveis de tolerância das variedades do IAPAR e OCEPAR foram moderados, devido provavelmente, serem selecionados em solo de boa qualidade, com ausência de Al-tóxico.

TABELA 4 - Distribuição dos genótipos pelo índice de tolerância ao alumínio de acordo com a instituição de origem.

Instituição	Índice					Total
	1	3	5	7	9	
Nº de genótipos.....					
CEP-FECOTRIGO, R.G.S.	0	4	0	0	0	4
EMBRAPA-CPAC, D.F.	0	2	2	0	2	6
IAC, S.P.	0	5	1	1	0	7
IAPAR, PR.	0	0	3	2	2	7
OCEPAR, PR.	0	0	3	0	1	4
EMBRAPA-CNPT, R.G.S.	0	22	12	1	0	35

Na Figura 3 comparam-se os métodos da hematoxilina e de campo em 92 genótipos comuns. Os ensaios de campo foram efetuados no CNPT. Fica demonstrada portanto, a grande correspondência entre os métodos de laboratório que avalia a reação de raízes novas a danos de alumínio com os de campo.

Do total de 42 linhagens superiores obtidas no CPAC (Tabela 3) 41 apresentaram índice 3 e 5, o que demonstra a elevação do padrão de tolerância ao alumínio. Isso representa reflexos positivos no cultivo de trigo nos cerrados.

A maioria dos genótipos brasileiros apresentou índice 3 (tolerante), seguido do índice 5 (intermediário). Em geral, a tolerância ao alumínio desse material genético é alta e nesta avaliação as cultivares-padrão brasileira foram superiores as de outros países. O método da hematoxilina confirmou os resultados da avaliação de campo, o que torna possível a sua utilização no programa de melhoramento para tolerância ao alumínio.

Experimento IV - Estudo genealógico das cultivares superiores quanto à tolerância ao alumínio

1. Objetivo

Tem sido relatado que as cultivares originárias de regiões onde predominam solos ácidos possuem alta tolerância a alumínio (Foy et al., 1974, Takagi et al., 1981) e que as cultivares melhoradas nesses mesmos ambientes herdaram os genes de resistência das mais antigas. O objetivo deste experimento foi fazer um estudo genealógico da tolerância ao alumínio de algumas cultivares recomendadas para os cerrados.

Crestamento de Campof**	Método Hematoxilina						
	3 Toler.	3-5	5 Interm.	5-7	7 Suscep.	7-9	9 Alt. Sus.
R Resistente	24*	1	6				
MR Moder. Res.	16	3	12	3	3		
MS Moder. Sus.			2	2	6		
S Susceptível					6	1	5
AS Alta Suscep.							1

* Número de cultivar

** Experimento conduzido na EMBRAPA-CNPT (1988)

FIG. 3 - Comparação do índice de tolerância pela Hematoxilina a resistência ao crestamento no campo.

2. Material e Métodos

O método de avaliação de tolerância a alumínio empregado foi o mesmo do experimento I.

Empregaram-se cinco cultivares recomendadas aos cerrados as quais apresentaram alta tolerância ao alumínio. Na sua escolha levou-se em consideração a origem. Posteriormente, fez-se a uma análise da genealogia desse material, mediante a avaliação da tolerância ao *Al* das suas variedades ancestrais. As sementes foram obtidas no CPAC, CNPT e no Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia, EMBRAPA-CENARGEN. Na Tabela 5 estão a origem e o índice de tolerância.

TABELA 5 - Cultivares avaliadas geneologicamente.

Cultivar	Índice	Origem (ano)	Estado recomendado
1. IAC 5	3	IAC (1966)	MG, GO, DF, MT
2. BH 1146	3	I. Correa (1946)	MG, GO, DF, MT
3. BH 16	5	CNPT (1986)	MG, GO, DF
4. BH 24	3	CNPT (1987)	MG, GO, DF
5. BH 25	3	CNPT (1988)	MG, GO, DF

3. Resultados e Discussão

Na Figura 4 percebe-se que "IAC 5", com índice de tolerância 3, é descendente de "PG 1", com índice 3. A "PG 1" é uma cultivar brasileira antiga, proveniente da parte Sul do país. As variedades Fronteira e Frontana, com índice 5, são ditas como origem genética da resistência da maioria das cultivares (Iorczeski, 1979). Estas cultivares também são superiores como fonte de genes de resistência a doenças e têm sido utilizadas como progenitores que deram origem a um grande número das novas cultivares brasileiras. A cultivar tolerante Kenia 58 também foi desenvolvida em condições de solos ácidos (Nyachiro, 1991). A "BH 1146", com índice 3, é também originada da cultivar PG 1. Assim como a "BR 16", com índice 5, originada da PF 70402 (com índice 3 - 5). Para os ancestrais desta cultivar foram utilizadas as cultivares brasileiras de alta tolerância: Colônias (índice 3), Combate (índice 3), IAS50 (índice 3) e Frontana (índice 5). A cultivar "BR 24", com índice 3, foi originada da IAS 58. Esta cultivar foi desenvolvida no IPEAS, em um estado da região Sul e Takagi et al. (1981) a descreve como a mais tolerante em seu trabalho. Estão incluídas entre os seus ancestrais cultivares brasileiras de alta tolerância como Cotiporã (índice 3), Trintecino (índice 3) e Fronteira (índice 5). A variedade "BR 25", com índice 3 foi originada da cultivar BH 1146 (índice 3).

Dessa forma, verifica-se que a origem genética da tolerância ao alumínio do material descrito encontra-se nas antigas cultivares brasileiras. Ficou claro que a maioria das cultivares tolerantes teve base no Instituto de Pesquisa Agropecuária do Sul-IPEAS pelo trabalho de B. O. de Paiva, I. Beckman (Frontana, Fronteira) e O. G. Nobre (Cotiporã).

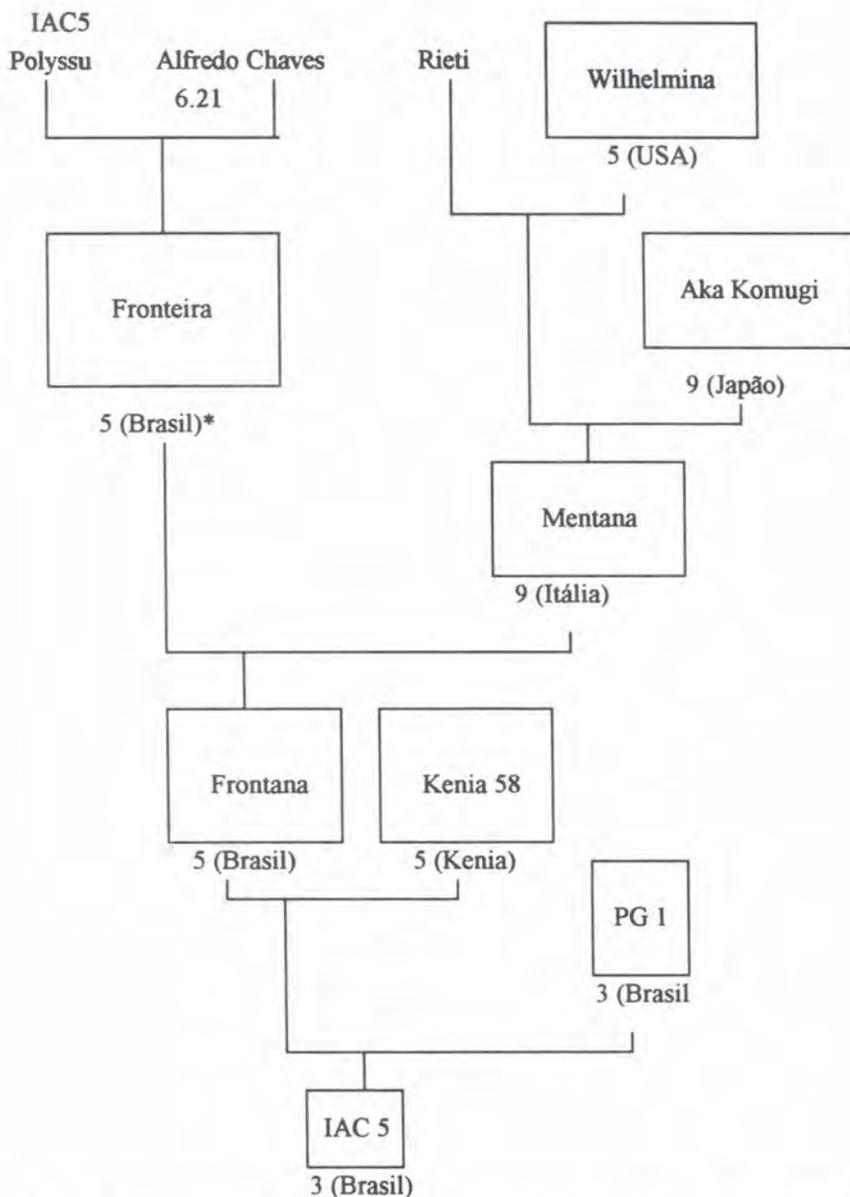


FIG. 4 - Genealogia de cultivares recomendadas aos cerrados com tolerância ao alumínio.

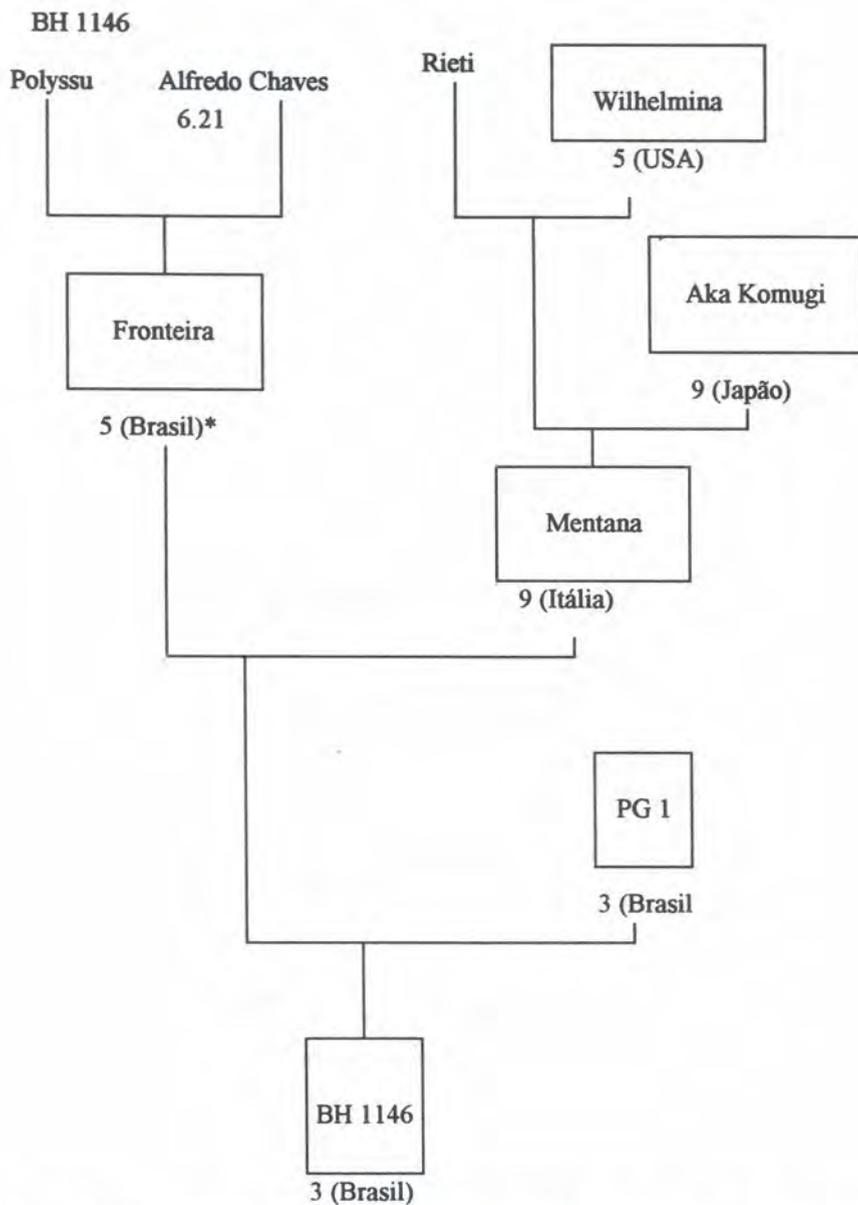


FIG. 4 - Genealogia de cultivares recomendadas aos cerrados com tolerância ao alumínio. (Continuação)

BR 16

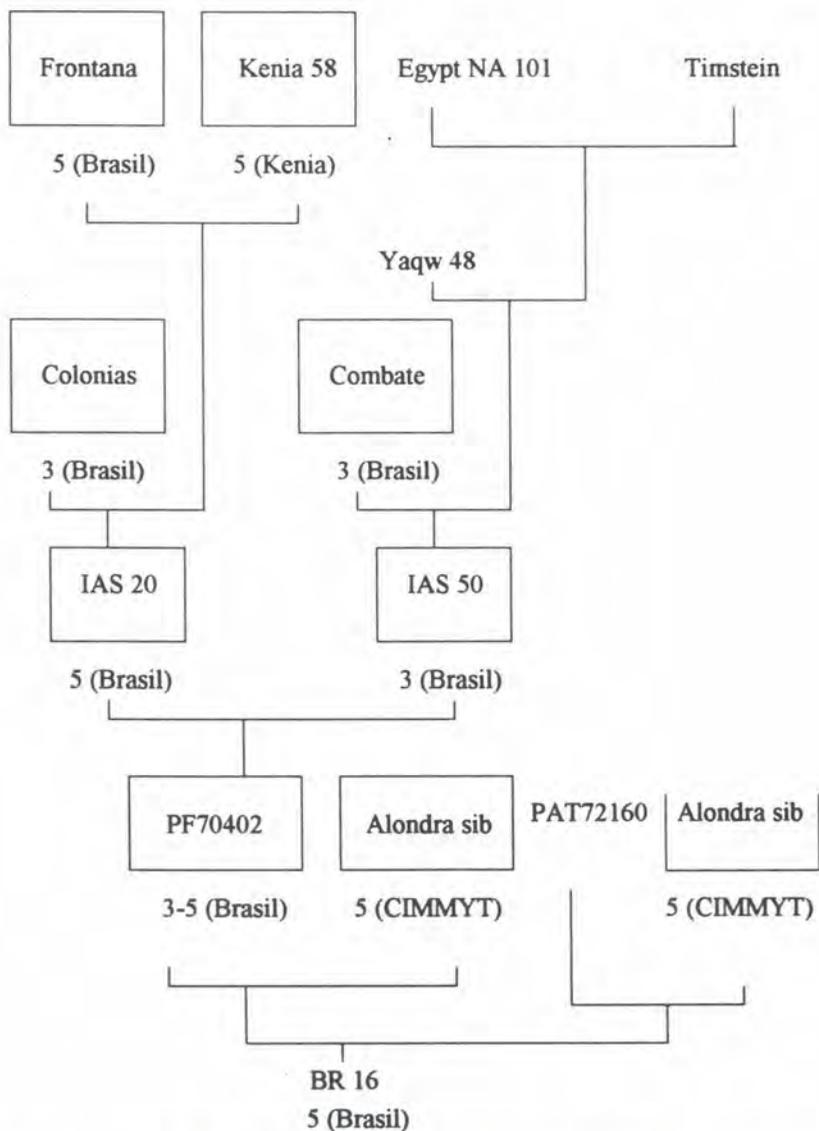


FIG. 4 - Genealogia de cultivares recomendadas aos cerrados com tolerância ao alumínio. (Continuação)

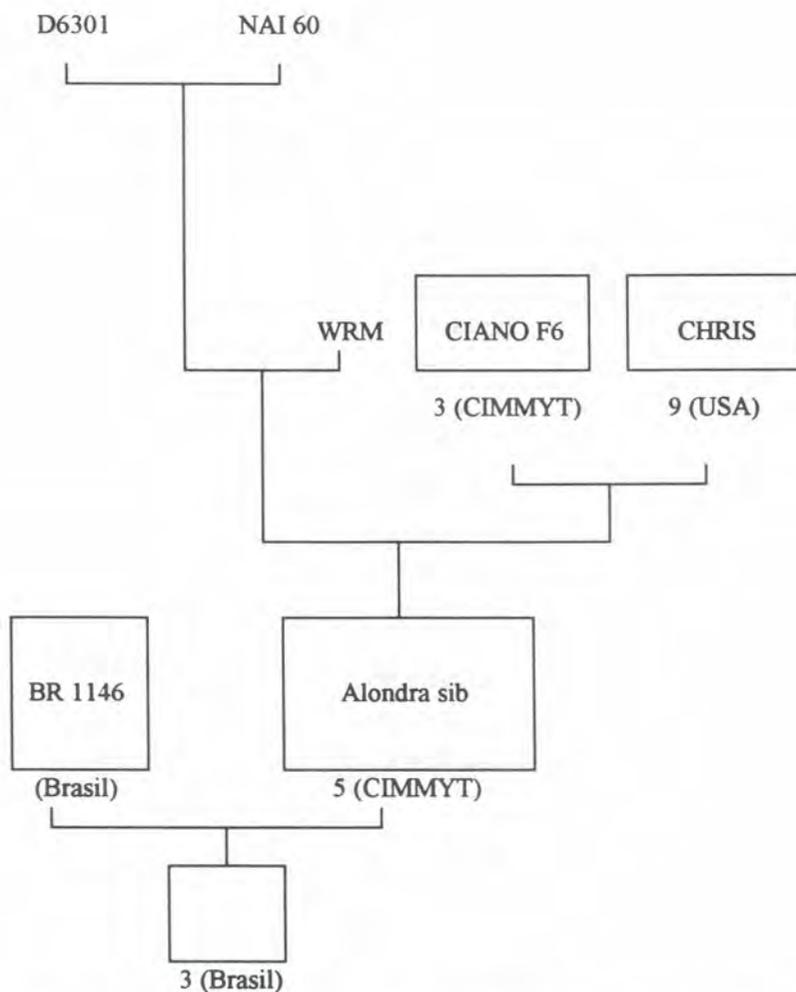


FIG. 4 - Genealogia de cultivares recomendadas aos cerrados com tolerância ao alumínio. (Continuação)

BR 24

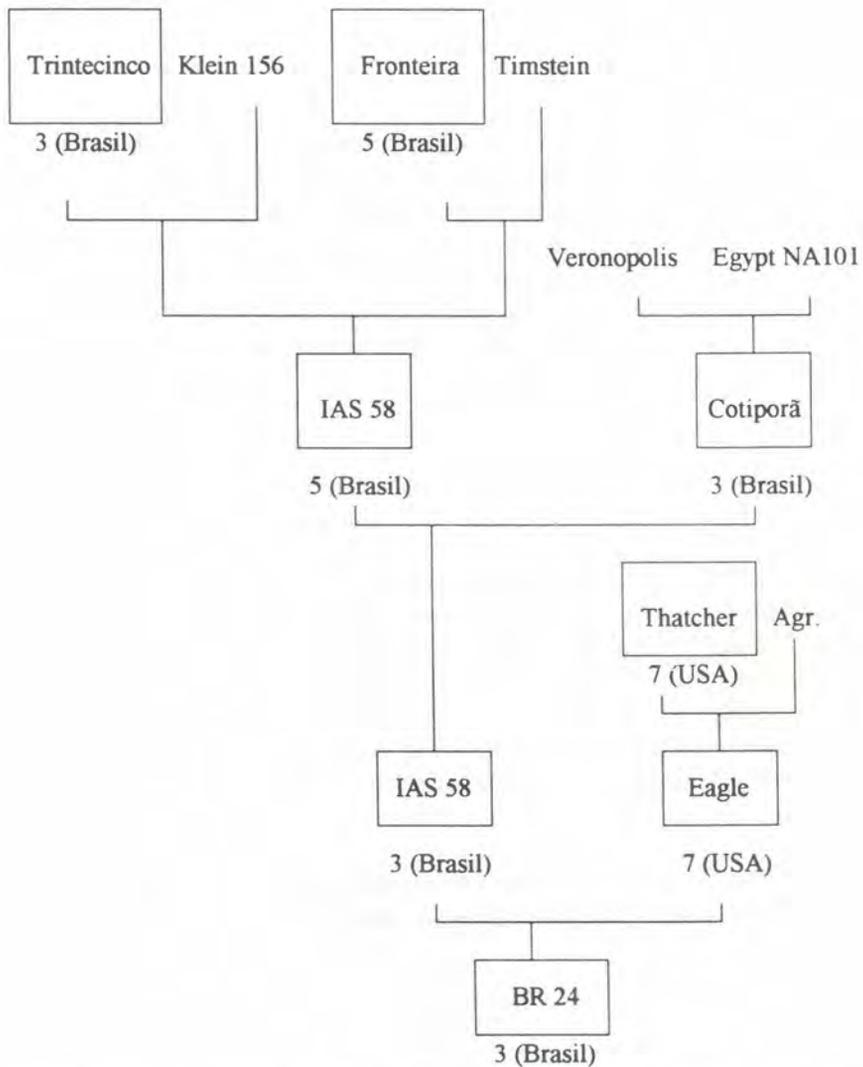


FIG. 4 - Genealogia de cultivares recomendadas aos cerrados com tolerância ao alumínio. (Continuação)

Os número indica o índice de tolerância pelo método da hematoxilina e, entre parênteses, encontra-se a origem da variedade.

Experimento V - Avaliação de Híbridos F2 pelo método da hematoxilina

1. Objetivo

Devido ao método da hematoxilina permitir fácil identificação pela coloração e ter alta repetitividade, torna-se provável na avaliação de híbridos. É interessante, após a avaliação nos estágios iniciais, que cada indivíduo seja transplantado para obtenção de sementes da geração seguinte. Isso é de grande utilidade para a pesquisa em genética e no melhoramento do trigo para tolerância ao Al. Este experimento objetivou verificar a possibilidade de avaliar, a nível individual, pelo método da hematoxilina e identificação gênica da tolerância na geração F2.

2. Material e Métodos

A metodologia de avaliação da tolerância ao alumínio foi a mesma do experimento I. O número de sementes testadas de cada indivíduo F2 está listado na Tabela 7. Empregaram-se, aproximadamente dez linhagens F2 para cada grupo escolhido, com cinco sementes de cada.

As linhagens originaram-se da seleção de híbridos, os quais foram transplantados em vasos, para a obtenção de sementes F3. Foram agrupados por nível de tolerância ao alumínio em quatro conjuntos, conforme mostra a Tabela 6.

TABELA 6 - Cruzamento entre cinco cultivares de trigo utilizados nos testes para tolerância ao alumínio.

Cruzamento	Número de indivíduos F2	Reação ao Alumínio ¹
1. BR 26 X BR 25	144	7 e 3
2. BR 25 X BR 36	120	3 e 9
3. BR 36 X BR 23	131	9 e 3
4. CEP 21 X BR 36	238	3 e 9

¹ Os números indicam os índices de reação ao alumínio para cada progenitor, respectivamente.

3. Resultados e Discussão

Separação dos indivíduos F₂

Está apresentada na Tabela 7, a classificação dos indivíduos F₂ e a sua reação ao alumínio se observa na Figura 5. Os dois círculos colocados no índice de tolerância representado no eixo das abscissas indica o índice dos progenitores. Observa-se que em nenhum dos cruzamentos houve indivíduo que fosse superior aos pais. Os dados sugerem a existência de alguns genes dominantes com exceção do cruzamento "CEP21 x BR36" que indica haver genes recessivos para tolerância. Há relatos em que a tolerância ao alumínio em trigo é controlada por um ou alguns genes dominantes, enquanto em outros ela é atribuída a genes recessivos (Kerridge et al., 1986; Iorczeski, 1979). Minella (1989) relatou que a tolerância ao alumínio em três cultivares de cevada é controlada por um gene dominante, baseado no método de coloração pela hematoxilina, em experimentos com gerações de híbridos. Entretanto, em outros relatos, tolerância ao alumínio não tem uma herança simples (Foy et al., 1974; Lafever et al., 1977). Nesses experimentos utilizaram-se cultivares de alta e baixa tolerância onde os parâmetros avaliados foram a produção de raiz e da parte aérea das plantas.

TABELA 7 - Distribuição dos indivíduos em F₂ pelo método da hematoxilina.

Cruzamento	Al mM	Número de indivíduos	Distribuição ¹	
			(-)	(+)
1. BR26 X BR25	0.18	25	25	
	0.36	47	46	1
	0.72	47	40	7
	1.40	25		25
2. BR25 X BR36	0.18	17	16	1
	0.36	48	43	5
	0.72	43	35	8
	1.40	12		12
3. BR36 X BR23	0.18	16	15	1
	0.36	48	41	7
	0.72	53	39	14
	1.40	14		14
4. CEP21 X BR3	0.18	32	25	7
	0.36	81	55	26
	0.72	93	69	24
	1.40	32		32

¹ (+) Coloração: Suscetível; (-) Não coloração: Tolerante

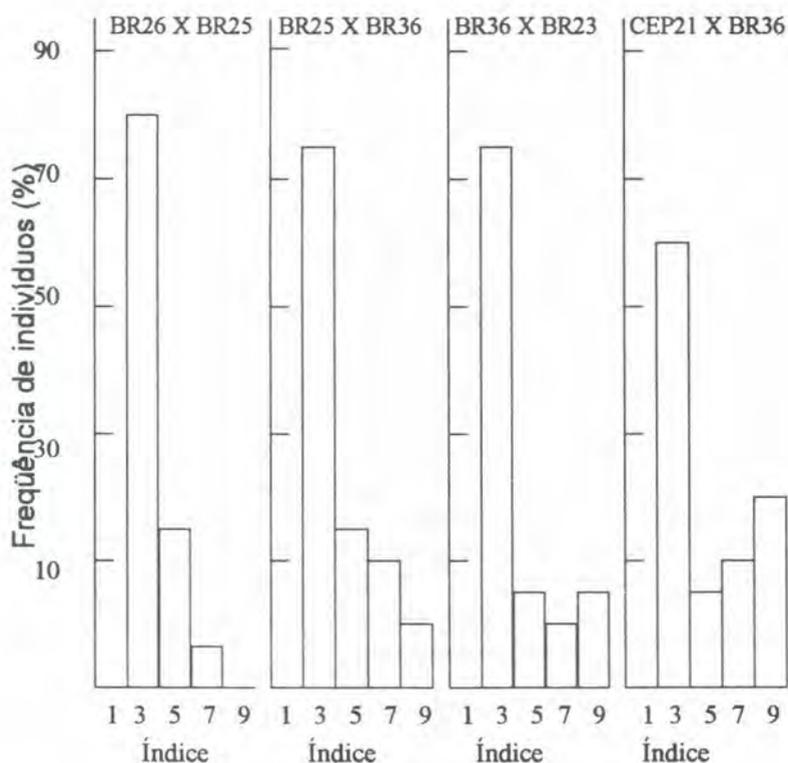


FIG. 5 - Separação da tolerância ao alumínio dos indivíduos F2.

Separação das progênias F2 (geração F3)

Após a avaliação, as plântulas foram imediatamente transplantadas para vasos em casa-de-vegetação. Na maturação, coletaram-se as sementes de cada planta individualmente, das quais cinco foram avaliadas.

Na Figura 6 é apresentada a separação das progênies de plântulas F2 por cruzamento. Considerou-se como uma linha as sementes coletadas de cada planta individualmente. Nos gráficos à esquerda está a frequência das progênies no nível de 0,36mM Al. As respectivas plântulas F2 haviam apresentado índices 3 e 5, contidos nos círculos. Nos gráficos intermediários e da direita está a distribuição de progênie no nível de 0,72mM Al, cujos F2 apresentaram reação de tolerância (-) e de susceptibilidade (+).

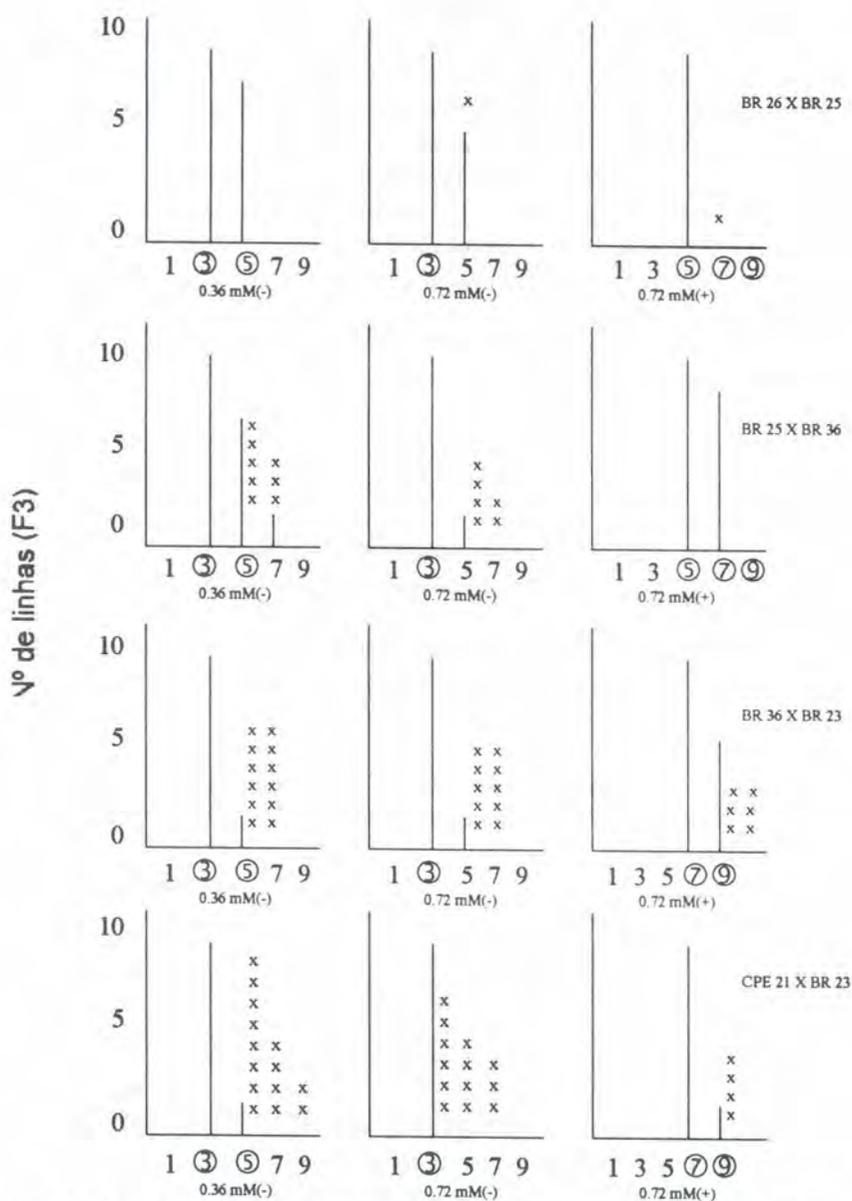


FIG. 6 - Distribuição da tolerância ao alumínio da progênie F2 (geração F3) em dois níveis de alumínio.

Dessa maneira, a elevada frequência de progênies (F3) coincidentes com as englobadas por círculos, indica uma relação entre a resposta de planta em F2 com a sua progênie em F3. Entretanto, houve variação da coloração entre indivíduos dentro da mesma linha F3. Por estes gráficos (Figura 6), é possível confirmar-se a precisão da avaliação ao nível individual, refletido na resposta da progênies dos cruzamentos, exceto "BR26 x BR25" no grupo 0.72mM(-). Este apresentou um número elevado de linhas F3 com índice 5 quando as plântulas F2 apresentaram índice 3. Onde houve variação dentro da mesma linha, ocorreram índices diferentes daqueles obtidos com as plântulas F2 selecionadas.

Conclusões

- 1) Os testes para se avaliar tolerância de trigo ao alumínio em solução nutritiva, com a hematoxilina, confirmaram os resultados obtidos em campo.
- 2) A análise genealógica das variedades recomendadas ao cultivo nos cerrados indica que a tolerância ao alumínio é originária de antigas variedades brasileiras, selecionadas em ambientes de solos ácidos.
- 3) A avaliação de híbridos de trigo e suas progênies em solução nutritiva mostrou que alguns genes dominantes e, em um dos cruzamentos, genes ressecivos explicam a herança genética para tolerância ao alumínio.
- 4) O uso do método da hematoxilina é fácil, rápido e consistente e pode ser empregado com sucesso em estudos genéticos e de melhoramento de trigo.

Referências Bibliográficas

- CAMARGO, C.E.O.; KRONSTADE, W.E.; METZGER, R.J. Parent-progeny regression estimates and associations of high level with aluminum toxicity and grain yield in wheat. *Crop Science* v. 20, p.355-358, 1980.
- EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO. (Passo Fundo, RS) Observações sobre o comportamento de cultivares de trigo em experimentação em 1987 na região tritícola centro-sul do Brasil relativas ao crestamento. In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 6, 1988. (s.n.t.)

- EMBRAPA. CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS. Competição de cultivares de trigo conduzido pelo CPAC em 1990. (s.n.t.)
- FOY, C.D.; LAFEVER, H.N.; SCHWARTS, J.W.; FLEMING, A.L. Aluminum tolerance of wheat cultivars related to region of origin. *Agronomy Journal* v. 66, p.751-758, 1974.
- GOEDERT, W.J. (Ed.) 1985. Solos dos Cerrados: tecnologias estratégicas de manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC/São Paulo: Nobel, 1989. 24p.
- IORCZESKI, E.J. 1979. Segregation for aluminum tolerance in wheat. (s.l.): Purdue University, 1979. p.15-17. Tese Mestrado.
- KERRIDGE, P.C.; KRONSTAD, W.E. Evidence of genetic resistance to aluminum toxicity in wheat (*Triticum aestivum*). *Agronomy Journal* v. 60, p.710-711, 1968.
- LAFEVER, H.N.; CAMPBELL, L.G.; FOY, C.D. Differential response of wheat cultivars to aluminum. *Agronomy Journal* v. 69, p.563-568, 1977.
- MAKITA, M.; IORCZESKI, E.J. Studies on cropping season in some leading varieties of wheat in the cerrados, I. Cultivation in the rainy season. Japan. *J.Trop. Agr.* v. 30, p.82-87, 1986.
- MINELLA, E. Aluminum tolerance in barley: Inheritance, chromosome location, genetic relationship of sources of diverse origins, and breeding implications. Ithaca, N.Y: Cornell University, 1989. Tese Doutorado.
- NYACHIRO, V.J.M. Development of aluminum-tolerant bread wheat varieties in Kenya. Wheat for the Nontraditional Warm Areas, CIMMYT 1991. p.491-495,
- POLLE, E.; KONZAC, C.F.; KITTRICK, J.A. Visual detection of aluminum tolerance levels in wheat by hematoxylin staining of seedling roots. *Crop Science* v. 18, p.823-827, 1978.
- SOUZA, C.N.A. 1991. **Reação de cultivares de trigo ao crestamento.** EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO. Carta particular.
- TAKAGI, H.; NAMAI, H.; MURAKAMI, K. Evaluation of the hematoxylin staining method for detecting wheat tolerance to aluminum. Japan. *J.Breed.* v. 31, p.152-160, 1981.
- TAKAGI, H.; NAMAI, H.; MURAKAMI, K. Aluminum tolerance of registered wheat varieties in Japan. Japan *J.Breed.* v. 33, p.69-75, 1983.

- TANAKA, A. **Solos ácidos e seus usos agrícolas** - situação e futuro, principalmente nos tópicos. (s.l.): Ed. Hakuyu, 1989. 226p.
- VOSE, P.B.; RANDALL, P.J. 1962. Resistance to aluminum and manganese toxicities in plants related to variety and cation exchange capacity. *Nature* v. 196, p.85-86.
- YOSHIDA, T. 1981. Danos de alumínio nas raízes de plantas do cerrado. Relatório Parcial dos Consultores do Projeto de Cooperação em Pesquisa Agrícola nos Cerrados do Brasil(2), JICA 1981. p.10-18.

AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO EM PLÂNTULAS DE SOJA E SUA UTILIZAÇÃO

Michio Makita¹; Carlos Roberto Spehar²

RESUMO - Estudou-se um método prático de avaliar a reação da soja ao alumínio, nos estágios iniciais do seu desenvolvimento. Os danos causados pelo alumínio aparecem, inicialmente, na forma de distúrbios da divisão celular e redução no alongamento das raízes. As plântulas foram cultivadas sob hidroponia, com base nas informações que têm sido obtidas desde o final da década de 1970. Sementes previamente germinadas foram transferidas para solução hidropônica com 100 ppm de Ca e o pH ajustado para 4,0, à qual adicionaram-se com os níveis de 1,5 - 3,0 ppm de alumínio. O período de tempo requerido para o experimento foi de apenas quatro dias. O alongamento radicular foi avaliado por dois métodos, quais sejam, medição direta e coloração pela hematoxilina. Utilizou-se a classificação descrita por Spehar (1989) que define os níveis de altamente resistente (AR), resistente (R), moderadamente resistente (MR) e susceptível (S). Na coloração das raízes as cultivares mostraram reações diferentes das obtidas nas medições radiculares utilizadas nas comparações. O seu alongamento é altamente influenciado pelas condições ambientais e técnica de manuseio, por isso buscou-se reduzir estes efeitos pelo aumento do número de indivíduos por repetição. Avaliaram-se 23 genótipos adaptados ao cerrado, os quais foram classificados em um grupo amplo entre altamente resistente a susceptível. Das cultivares comerciais, 'Doko', 'Cristalina', 'Tropical' e 'Savana', apresentaram resistência superior à cultivar padrão 'IAC-9'.

Termos para indexação: reação, *Glycine max*, danos, alongamento, raízes, cultivares medição direta, hematoxilina.

¹ Agrônomo, Consultor da EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

EVALUATION OF ALUMINIUM TOLERANCE IN SOYBEAN SEEDLINGS AND ITS UTILIZATION

ABSTRACT - A practical method to assess the reaction of soybeans to aluminium in the initial stages of plant development was studied. The damage caused by aluminium first appears as disturbance in cell division which results in reduced root elongation. The seedlings of soybeans were cultivated in hydroponics, based on the information that has been accumulated since the 1970's. Seeds previously germinated were transferred to nutrient solution containing 100 ppm Ca, pH adjusted to 4.0, and combined to the levels of 1.5 and 3.0 ppm aluminium. The time interval required for conducting the experiment was of only four days. Root elongation was evaluated by two methods: direct measurement and hematoxylin staining. The classification described by Spehar (1989) was utilized. It defines the reaction levels of highly resistant (HR), Resistant (R), moderately resistant (MR) and Susceptible (S). However, in the staining with hematoxylin the cultivars showed different reaction to that obtained in the root measurements. The root elongation is highly influenced by the environment and handling techniques. These limiting factors were overcome by increasing the number of individuals per replicate. Out of the 23 genotypes selected for the cerrado region, 'Doko', 'Cristalina', 'Tropical' and 'Savana' were superior to 'IAC-9' a standard aluminium tolerant variety.

Index terms: reaction, *Glycine max*, damage, elongation, roots, cultivars direct measurement, hematoxylin.

1. Introdução

Na classificação das plantas cultivadas para resistência ao alumínio, a soja pertence ao grupo médio-alto, e é superior ao trigo, e à cevada, porém inferior ao arroz (Tanaka, 1989). Em geral, assume-se como danos no crescimento das plantas causados por alumínio, os que se iniciam com distúrbios na divisão celular e no alongamento das células do tecido meristemático. Como resultado, causam deficiência na absorção de nutrientes e água para a parte aérea e terminam por reduzir produção de grãos. Para espécies da família Leguminosae como a soja é necessário considerar além das implica-

ções dos danos de alumínio sobre a planta, a sua influência no processo de fixação de nitrogênio. A instalação das bactérias nitrificantes e o processo de fixação de nitrogênio são altamente sensíveis ao alumínio (Tanaka, 1989).

O melhoramento da soja com resistência ao alumínio tem sido realizado por grande número de pesquisadores, os quais dependem do estabelecimento de metodologia para avaliação. Desde o final da década de 1970 com o objetivo de pesquisar a resistência de soja ao alumínio, nos solos ácidos do sudeste dos Estados Unidos, têm sido relatados métodos de testes em estágios iniciais, com a utilização de hidroponia. No entanto nem sempre tem havido correspondência entre este teste e o campo. Sartain et al. (1978) e Sapro et al. (1982) afirmaram que não foram verificadas relações entre os danos de alumínio às raízes sob hidroponia e os distúrbios no crescimento de plantas cultivadas no solo em casa de vegetação. Ao contrário, Hanson et al. (1979) conseguiram um coeficiente de correlação de $R = 0.79$ entre os dados obtidos em hidroponia e os de solo em casa de vegetação, o qual foi significativo estatisticamente. Neste mesmo trabalho, foi relatada a alta herdabilidade ($H = 0.60$) da resistência ao alumínio com o uso de hidroponia. Recentemente, Garland et al. (1990) relataram que o comprimento das raízes de plântulas de soja cultivada sob hidroponia e o peso seco de plantas cultivadas no solo, em casa de vegetação, apresentaram alta correlação ($R = 0.81$). Esses dados apontam a possibilidade de se utilizar o método da hidroponia em programas de melhoramento de plantas por sua alta repetibilidade. Por outro lado, citam que para se aumentar a precisão do método de cultivo em vasos em casa de vegetação, é necessário elevar-se o número de indivíduos por repetição. Spehar (1989) realizou pesquisa em genética de resistência ao alumínio para a produção de soja na zona tropical do Brasil. Em seu trabalho foram investigadas as características genéticas de resistência a partir de experimentos em hidroponia com 9 cultivares, previamente selecionadas por experimento em campo. Dentre esses genótipos, houve certa correlação para os cultivos hidropônico e de campo com possibilidade de selecionar para resistência ao alumínio por aquele método. Embora a principal causa dos distúrbios de crescimento de raízes de soja na maioria dos solos de cerrado é devida à pre-

sença de alumínio (Yoshida, 1981), acredita-se que a diferença de resistência entre cultivo hidropônico e de campo é que, a hidroponia, reflete resistência à toxidez do alumínio diretamente, enquanto que no campo, estão envolvidos outros fatores como a toxidez de manganês em alguns casos e os efeitos complexos de condições ambientais. Nakamura et al. (1984), ao avaliarem a reação de cultivares de soja da Indonésia para a resistência ao alumínio em hidroponia, afirmam que, em concentrações de a 0.4 mM, a distinção é mais fácil. Fonseca et al. (1982), em base no trabalho de Polle et al. (1978), efetuaram a coloração de raízes jovens de soja com hematoxilina e fizeram a distinção entre as cultivares.

Os métodos de avaliação da resistência ao alumínio por hidroponia descritos até agora, apesar de apresentarem pontos comuns na concentração de sais na solução nutritiva, procedimentos e período de tratamento, apresentam algumas divergências, na sua maior parte. O objetivo deste trabalho consistiu em se revisar a literatura existente e obter um método prático de avaliação de resistência ao alumínio, com a sua efetiva utilização no melhoramento da soja. Suas características são baseadas na simplicidade de avaliação, no baixo custo, e na possibilidade de um grande número de testes com alta precisão.

2. Material e Métodos

(1) Equipamentos e reagentes

O recipiente-teste para a acomodação de sementes enraizadas consistiu em um escorredor utilizado para lavagem de material de laboratório, de 30 cm de comprimento, 24 cm de largura e 10 cm de altura, confeccionado de material plástico com fundo reticulado propício ao escoamento e um recipiente para a solução nutritiva. No fundo do escorredor foi fixada uma malha ondulada, cuja depressão foi usada para distribuir as sementes pré-germina-

das de 15 cultivares. Ao serem colocadas sobre o recipiente com 2.5l de solução hidropônica, as sementes ficaram em contato com a superfície do líquido. Para se executar a aeração por compressor, fixaram-se dois tubos de vinil, com inúmeros orifícios, no fundo do recipiente. Dois conjuntos de recipientes foram preparados, para a utilização de duas concentrações diferentes de alumínio. Utilizou-se uma incubadora Percival com iluminação fluorescente e controle de temperatura e luminosidade. A solução hidropônica foi constituída por 100 ppm de Ca na forma de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e pH ajustado para 4.0 com ácido clorídrico a 0.25N. Para a preparação da solução de alumínio foi utilizado $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$, e para a preparação da solução de hematoxilina, foi adicionado 0.02% de NaIO_3 a 0.2% de solução aquosa de hematoxilina.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com 2 repetições. Cada tratamento foi composto por dez sementes previamente germinadas.

(2) Procedimentos

1º-2º dia - pré-germinação das sementes

Às 9 horas da manhã colocaram-se as sementes entre duas folhas de papel-filtro (30 x 15cm), e permitiu-se o embebimento com solução hidropônica. Em seguida estas foram enroladas de modo a formar um bastão, colocado em um becker de 500 ml em número aproximado de 8 rolos cada. Para evitar o ressecamento da parte superior, colocou-se uma tampa com papel-filtro úmido, e cobriu-se com um saco plástico. Esse conjunto foi mantido em uma incubadora a 26 °C.

3º dia - Transferência para a solução com alumínio

As sementes retiradas com pinça, 48 horas após, tiveram suas radículas precisamente medidas e somente as uniformes com comprimento médio em

1.5 a 2.5 cm foram colocadas nas depressões da malha dos dois recipientes teste, na ordem da medição, em número de 10 plântulas por tratamento. Os recipientes foram previamente preenchidos com solução hidropônica à qual foi adicionado alumínio nas concentrações de 1,5 ppm e de 3,0 ppm. Foram levados à incubadora, com temperatura ajustada para 28°C e regime luminoso de 12 horas. A aeração da solução nutritiva foi efetuada com compressor e, para evitar ressecamento, a parte superior foi coberta com filme plástico.

4º dia - Medição e determinação

Os recipientes-teste foram retirados da incubadora, 24 horas após o início do tratamento e a parte radicular foi precisamente medida, na mesma ordem.

(3) Método de avaliação

A avaliação foi realizada de acordo com duas estimativas baseadas no comprimento radicular, para os tratamentos de 1,5 ppm e 3,0 ppm de concentração de alumínio: estimativa A: diferença entre o comprimento radicular antes e depois do tratamento com alumínio (mm); estimativa B: (diferença entre o comprimento radicular antes e depois do tratamento/comprimento radicular antes do tratamento) x 100 (%). Os valores obtidos foram analisados estatisticamente para comparação com a cultivar-padrão. As avaliações pela coloração com hematoxilina fizeram-se concomitantemente.

(4) Germoplasma

O germoplasma empregado nos testes foi composto pelas 23 cultivares apresentadas na Tabela 1. Destas, as sete primeiras correspondem a parte do material utilizado nos experimentos genéticos sob hidroponia por Spehar (1989).

TABELA 1 - Genótipos empregados nos experimentos com alumínio.

Cultivar	Origem	Adaptação
IAC-2	Inst. Agronômico de Campinas	Cerrado/Sudeste
IAC-5	"	"
IAC-7	"	"
IAC-8	"	"
IAC-9	"	"
UFV-1	Univ. Federal de Viçosa	"
Cristalina	FT-Sementes	"
Doko	EMBRAPA-CPAC	"
BR-15	"	"
BR-40	"	"
Eureka	FT-Semente	"
Cariri	"	"
PR-GO *	EMBRAPA-EMGOPA	"
Santa Rosa	Inst. Agronômico de Campinas	Cerrado/Sudeste Sul
Seridó	FT-Sementes	Cerrado/Sudeste
Savana	EMBRAPA-CPAC	"
Tropical	EMBRAPA-CNPS	"
BR 83-7605	"	"
BR 85-473-76 "	"	"
BR 86-582	"	"
BR 86-943	"	"
BR 86-1047	"	"
BR 86-7423	"	"

* PR-GO = Paranagoiana

3. Resultados e Discussão

1) Resistência ao alumínio das cultivares e linhagens adaptadas ao cerrado.

As Tabelas 2.1 e 2.2 exibem a reação ao alumínio dos 23 genótipos. Na primeira é apresentado o resultado da estimativa A e na segunda o da estimativa B. Estes resultados podem ser comparados com os obtidos por Spehar (1989) para os sete tratamentos comuns, marcados por asteriscos. O seu método de avaliação consiste em, após o cultivo por 5 dias em solução nutritiva com várias fontes de nutrientes, adicionada de diferentes níveis de alumínio, determinar o grau de resistência a partir da distribuição do com-

primento radicular de acordo com a concentração. O autor assume que as cultivares 'Cristalina', 'IAC-9', 'IAC-7' e 'IAC-5' são resistentes (R), 'IAC-8' e 'IAC-2' são moderadamente resistentes e que 'UFV-1' é susceptível. Ao se comparar esses resultados com os do presente trabalho tem-se que as quatro cultivares resistentes (R) foram consideradas como de alta resistência, colocando-se em até quinto lugar pela estimativa A, com elevada correspondência nos dois métodos. Pela estimativa B, 'Cristalina', 'IAC-9' e 'IAC-7' foram classificadas em nível superior, e 'UFV-1' em nível inferior. Destacaram-se como moderadamente resistentes (MR) a 'IAC-8' e a 'IAC-2'. A cultivar 'UFV-1' foi classificada como susceptível nos dois experimentos. Dessa forma, os resultados desta avaliação corresponderam aos padrões relatados por Spehar(1989). Houve uma grande correlação entre as estimativas, como mostram as Figuras 1 e 2, e não houve destaque entre elas.

TABELA 2.1 - Reação de genótipos de soja ao alumínio. Estimativa A: Diferença entre os comprimentos das raízes (mm) antes e depois do tratamento com alumínio.

		Concentração de Alumínio (ppm)	
		1.5	3.0
Cultivar	Média**	Cultivar	Média**
BR 86-7423	31 A	BR86-7423	27 A
Doko	28 B	PR-GO	25 B
Seridó	24 C	Doko	25 C
PR-GO	24	IAC-9*	24 D
Cristalina *	23 D	IAC-7 *	22 E
Tropical	23	IAC-8 *	21
BR-40	22	BR 86-1047	21
Savana	22	Tropical	20
IAC-9 *	22	Cristalina *	20
BR 86-1047	22 B	Cariri	20
Cariri	21 F	IAC-5 *	20
BR 85-473-76	21	Savana	19
Santa Rosa	21	Santa Rosa	19
IAC-5 *	21	BR-40	19
IAC-8 *	20	Seridó	18
BR-15	20	BR-15	18 A
BR 83-7605	20	BR 85-473-76	17
IAC-7 *	19	BR 86-943	17
BR 86-943	18 C	Eureka	16 B
Eureka	17 D	BR 83-7605	16 C
IAC-2 *	16 E	IAC-2*	15 D
UFV-1 *	15	UFV-1*	15
BR 86-582	15 F	BR 86-582	14 E

* Posição relativa, em comparação com os dados de Spehar(1989)

** Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si (Duncan 5%)

TABELA 2.2 - Reação dos genótipos de soja ao alumínio. Estimativa B: (Diferença entre os comprimentos de raízes antes e depois do tratamento com alumínio/comprimento de raízes antes do tratamento com alumínio) x 100.

Concentração de Alumínio (ppm)			
1.5		3.0	
Cultivar	Média**	Cultivar	Média**
BR86-7423	159 A	BR86-7423	136 A
BR-40	142 B	PR-GO	129 B
Doko	137 A C	Santa Rosa	126
Eureka	132 D	Eureka	121 C
Santa Rosa	126 E	Doko	119
Savana	125	IAC-7*	119
Seridó	122 B F	BR-40	112
BR83-7605	117 G	IAC-8*	112
PR-GO	117	Savana	111
Cristalina *	117	BR86-1047	110
BR85-473-76	115 C H	IAC-9*	110
BR86-1047	113 I	Cariri	102
Tropical	111 D	IAC-2*	101
IAC-7*	105	Cristalina *	101
IAC-8*	105 E	Tropical	98
IAC-9*	104 F	BR83-7605	95
BR-15	98 J	BR-15	94
Cariri	97	BR86-943	93 A
IAC-2*	95	Seridó	91
IAC-5*	94 G	BR85-473-76	90
BR86-943	92	H UFV-1*	89
UFV-1*	90 I	IAC-5*	86 B
BR86-582	80 J	BR86-582	76 C

* Posição relativa em comparação com os dados de Spehar (1989)

** Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si (Duncan 5%)

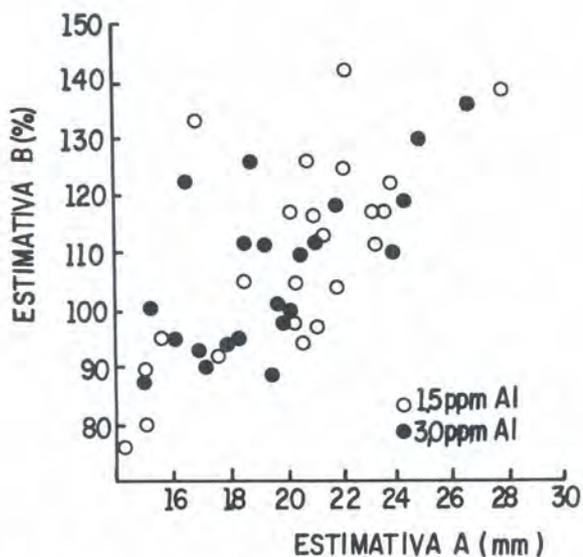


FIG. 1 - Correlação entre as Estimativas A e B.

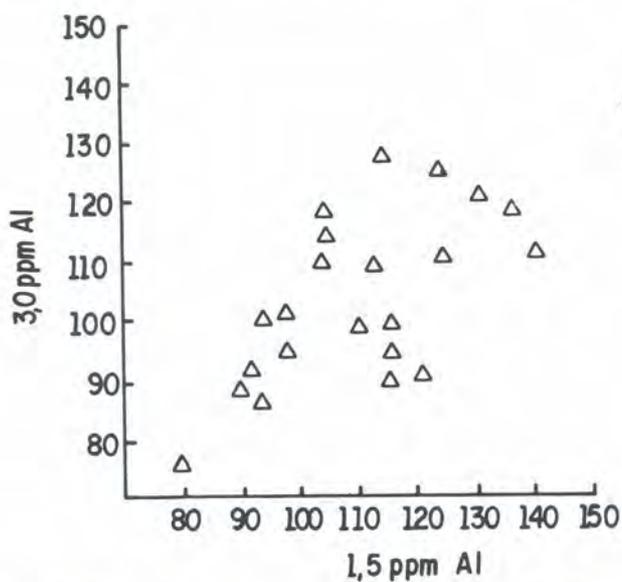


FIG. 2 - Correlação entre as concentrações de Al na Estimativa A.

A análise da resistência ao alumínio nas 23 cultivares (Tabelas 2.1, 2.2), indicou que a 'BR86-7423', mostrou-se altamente resistente (AR), e superior às 4 cultivares resistentes (R), as quais foram também superadas por 'Doko' e 'Paranagoiana'. A 'BR 86-7423' foi desenvolvida na EMBRAPA - CNPS(PR), 'Doko' na EMBRAPA - CPAC(DF) e 'Paranagoiana' na EMBRAPA- EMGOPA(GO). Por outro lado, os genótipos 'UFV-1' e 'BR86-582' foram classificadas como os mais susceptíveis. A 'UFV-1' foi desenvolvida na Universidade Federal de Viçosa e a 'BR86-582' na EMBRAPA - CNPS. As cultivares 'Doko' e 'Cristalina', de importância nos cerrados, foram classificadas como resistentes (R), com desempenho superior e igualmente importantes para os cerrados, as cultivares 'Tropical' e 'Savana' foram incluídas nesse mesmo grupo. Apesar de todas as 23 cultivares serem consideradas como adaptadas aos cerrados, a resistência ao alumínio mostrou ampla variação, o que indica a involuntariedade da seleção em experimentos de campo e a necessidade de técnicas de laboratório, sob condições controladas de estresse.

Assim, os resultados deste experimento de avaliação de resistência ao alumínio entre as cultivares, mostraram correspondência com os resultados indicados por Spehar (1989). As principais cultivares utilizadas atualmente, 'Doko', 'Cristalina', 'Tropical' e 'Savana' foram todas classificadas no grupo resistente (R) e à 'IAC-9', padrão de resistência.

2) Discussão do método de avaliação

Os efeitos secundários decorrentes dos distúrbios no crescimento radicular causados pelo alumínio, tais como a redução na produtividade e susceptibilidade ao veranico, com reflexo na qualidade de grãos, são danos da maior importância no cultivo da soja. No entanto, durante o processo de melhoramento, não foi feita uma seleção específica e efetiva para as cultivares com alta resistência ao alumínio, assim como no caso do trigo. As possíveis razões para tal fato são a inexistência de métodos de avaliação em larga escala no campo, como para o trigo, e a moderada-alta resistência ao alumínio, em soja não constitui sérios problemas (Tanaka, 1989). Dado a inexistência de um método adequado para a utilização no melhoramento de soja, torna-se de grande importância a avaliação de resistência baseada nos danos ao crescimento radicular, de modo fácil e em estágios iniciais pela hidroponia.

Este experimento baseou-se nos trabalhos já existentes, devido a isso, inseriu-se, uma pequena discussão para se compararem os resultados. Utili-

zou -se uma solução de 100 ppm de cálcio com pH 4,0 e suprimiram-se os demais nutrientes. A razão de não se utilizar a solução nutritiva completa deve-se ao curto período para o alongamento radicular de apenas 24 horas. Desse modo, os nutrientes contidos nos cotilédones são ainda suficientes. O íon cálcio foi adicionado para evitar a desestabilização do pH e também porque é relatado como causador de ruptura da membrana celular, estimulando a absorção de alumínio (Fonseca et al., 1981). Existem trabalhos que relatam a adição de 10 ppm de CaCl_2 e CaSO_4 na solução nutritiva (Sartain et al., 1978; Hanson et al., 1979; Garland et al., 1990); utilização na solução nutritiva apenas de cálcio (Sapra et al., 1982); e também sem a adição de qualquer nutriente (Nakamura et al., 1984). Foram utilizadas as concentrações de 1,5 ppm e 3,0 ppm de alumínio na forma de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ e um tratamento por 24 horas, porém há a necessidade de se efetuarem estudos adicionais. Há trabalhos que relatam desde casos de tratamento a concentrações baixas de 0, 0,25, 0,5 e 1,0 ppm por 48 horas (Sartain et al., 1978) até casos com 0, 2,4, 6 e 8 ppm por cinco dias (Spehar, 1989). Os pontos mais importantes nesta avaliação pelo comprimento radicular foram a utilização de sementes com vigor o mais alto possível para todos os genótipos e a padronização dos indivíduos com comprimento radicular entre 1.5 a 2.5 cm. As determinações fizeram-se pela diferença entre comprimento radicular antes e depois do tratamento para cada indivíduo. Mesmo assim, devido à grande variação entre indivíduos dentro de uma cultivar, foi necessário elevar para um número superior a 10 indivíduos. Com um número reduzido tornou-se difícil a distinção entre cultivares, para reação ao alumínio. As avaliações da coloração pela hematoxilina mostraram resultados pouco repetitivos, quando comparados com o comprimento radicular, o qual foi avaliado em somente quatro dias. O método permite à produção de sementes das plantas selecionadas para a próxima geração, o que se constitui em vantagem no melhoramento genético da soja para tolerância ao alumínio.

Conclusões

O método de avaliação do alongamento radicular é eficiente, simples, de curta duração, de baixo custo e, principalmente, não destrutivo. Essa característica permite o avanço de geração dos indivíduos selecionados para testes de progênie e estudos genéticos sobre tolerância ao alumínio em soja.

O método de coloração pela hematoxilina apresentou baixa repetibilidade em comparação com as medições do alongamento radicular e necessita estudos adicionais para o seu aprimoramento.

Referências Bibliográficas

- FONSECA JUNIOR, N.S.; MARIA, J.; SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; YAMADA, M.M.; TRAGNAGO, J.L. Método de detecção visual da sensibilidade ao alumínio em soja (*Glycine max* (L.)Merrill). In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. Anais. Londrina,PR.: EMBRAPA/CNPSo, 1982 v.2, p.678-685.
- GARLAND, M.L.; CAMPBELL, K.A.; CARTER, Jr. T.E. Aluminum tolerance in soybean: I. Genotypic correlation and repeatability of solution culture and greenhouse screening methods. *Crop Science* v.30, p.1049-1054, 1990.
- HANSON, W.D.; KAMPRATH, E.J. Selection for aluminum tolerance in soybean based on seedling-root growth. *Agronomy Journal*, v.71, p.581-586, 1979.
- NAKAMURA, S.; HOZYO, Y. **Simple selection for Al-tolerance in soybean based on seedling root growth in Al-solution.** In: Report on Japan-Indonesia Joint Agricultural Research Project (JICA) p.31-39, 1984.
- POLLE, E.; KONZAC, C.F.; KITTRICK, J.A. Visual detection of aluminum tolerance levels in wheat by hematoxylin staining of seedling roots. *Crop Science*, v.8, p.823-827, 1978.
- SAPRA, V.T.; MEBRAHTU, T.; MUGWIRA, L.M. Soybean germplasm and cultivar aluminium tolerance in nutrient solution and bladen clay loam soil. *Agronomy Journal*, v.74, p.687-690, 1982.
- SARTAIN, K.B.; KAMPRATH, E.J. Aluminium tolerance of soybean cultivars based on root elongation in solution culture compared with growth in acid soil. *Agronomy Journal*, v.70, p.17-20, 1978.
- SPEHAR, C.R. The genetics of aluminium tolerance in soya beans *Glycine max* (L.) Merrill. Cambridge (UK): University of Cambridge, 1989, 123p Tese Doutorado.
- TANAKA, A. Solos ácidos e seus usos agrícolas - situação e futuro nos trópicos. (S.I.): Ed. Hakuyu, 1989.
- YOSHIDA, T. **Danos de alumínio nas raízes de plantas do cerrado JICA.** In: RELATÓRIO PARCIAL DO PROJETO DE COOPERAÇÃO EM PESQUISA AGRÍCOLA NOS CERRADOS DO BRASIL, 2. JICA., 1981, p.10-18.

FITOSSANIDADE

- **Entomologia**
 - **Fitopatologia**
-

PRAGAS QUE ATACAM A SOJA NA REGIÃO DOS CERRADOS

Ken-Ichi Kishino¹; Roberto Teixeira Alves²

SUMÁRIO - Do estudo feito durante quatro anos, de 1988 a 1992, sobre o desenvolvimento da população das pragas que atacam a soja no CPAC, constatou-se que entre 1988 e 1991, essas populações desenvolveram-se dentro da média anual, reduzindo apenas em 1992. Em 1990 foi constatado um grande ataque de *Anticarsia gemmatalis*. Do estudo sobre o desenvolvimento e distribuição das pragas da soja na região do Programa de Desenvolvimento do Cerrado, verificou-se que as principais espécies encontradas não variaram muito em cada região, mas não ficou clara a existência de uma tendência de maior desenvolvimento nas regiões de exploração agrícola mais acentuada. Nas culturas irrigadas de inverno, a maioria dos percevejos que atacam a soja se propagou, tendo sido alta a densidade de propagação de *Nezara viridula*, *Edessa meditabunda* e *Thyanta perditor*. Os insetos adultos de *N. viridula* e *E. meditabunda* apresentaram cor de hibernação e o *T. perditor* ovipositou. A cor de hibernação do *N. viridula* apareceu sob condições de dias curtos. O *Euchistus heros* hibernou no estado adulto nas áreas de denso crescimento de capim Gordura entre maio e dezembro; de outubro a dezembro deixou o hibernáculo, mas acredita-se que nesse ínterim estava adormecido. A diapausa foi reprodutiva, sem o crescimento de ovário, ocorrido em dia curto. Os fatores que levaram ao término da diapausa não ficaram totalmente esclarecidos, mas conclui-se que o período é a partir de setembro. O úmero do inseto adulto diferia de forma no inverno e no verão, tornando-se de ângulo agudo em função das condições de dias longos. Foi confirmado o ataque de *Chalepus* sp. como nova praga e novo local de ocorrência do Coleóptero *Megascelis calcarifera*, além do Estado de Mato Grosso.

¹ Entomology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

1 Introdução

Nos últimos 20 anos, o desenvolvimento agrícola da região dos cerrados, foi bastante acentuado. A soja, principal produto agrícola da região, evidenciou um rápido aumento da área plantada. Atualmente a cultura vem se expandindo rapidamente em direção ao norte e oeste da região dos cerrados, contudo os estudos relativos à diversidade de pragas bem como as circunstâncias de seus aparecimentos nessas plantações não estão bem esclarecidas. Nos primeiros dez anos após a introdução dessa leguminosa na região dos cerrados, novos tipos de pragas foram surgindo pouco a pouco e vários pontos relacionados à sua ecologia continuam ignorados.

Acredita-se que maioria das pragas que atacam atualmente a soja são insetos que, em época anterior ao seu cultivo, habitavam a vegetação nativa da região e tinham como hospedeiro outras plantas leguminosas, ou aqueles insetos que trocaram de hospedeiro no seu habitat, entre os quais os da família Leguminosae. Com a expansão da cultura, supõe-se que essas pragas transferiram-se para as lavouras, atacando-as.

Para se conhecer o desenvolvimento das pragas e planejar o controle preventivo, é necessária a elucidação do processo de migração e adaptação dos insetos provenientes das plantas nativas para a soja, bem como a explicação dos fenômenos de diapausa, ecologia de desenvolvimento na estação seca e aumento de sua dispersão através do vôo.

Este trabalho, realizado no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC/EMBRAPA), é a compilação de parte dos resultados obtidos em quatro anos de estudos, de 1988 a 1992.

2 Material e Métodos

2.1 Estudo do desenvolvimento das pragas da soja

De 1988 a 1992 realizou-se um estudo sobre as circunstâncias de desenvolvimento das pragas nas lavouras de soja no CPAC e em vegetação nativa no Centro, juntamente com as circunstâncias após o seu cultivo em áreas do Programa de Desenvolvimento do Cerrado (PRODECER) I e II.

O local e época do estudo estão demonstrados na Tabela 1 e na Figura 1.

TABELA 1 - Épocas e locais de estudos sobre o desenvolvimento e pragas da soja nas regiões do PRODECER I e II.

Época	Nº do local	Local	Estado
1989/Mar	1	Barreiras	BA
	2	Lucas do Rio Verde	MT
1990/Mar	3	Bonfinópolis de Minas	MG
1990/Abr	4	Chapada dos Parecis	MT
1991/Mar		Barreiras	BA
	5	Mundo Novo	MG
1992/Mar	6	Guarda Mor	MG
		Mundo Novo	MG
		Guarda Mor	MG
	7	Presidente Olegário	MG
	8	São Gotardo	MG
	9	Sacramento	MG
	10	Uberaba	MG
	11	Campo Alegre	MG
1992/Abr		Chapada dos Parecis	MT

BA: Bahia, MT: Mato Grosso, MG: Minas Gerais.

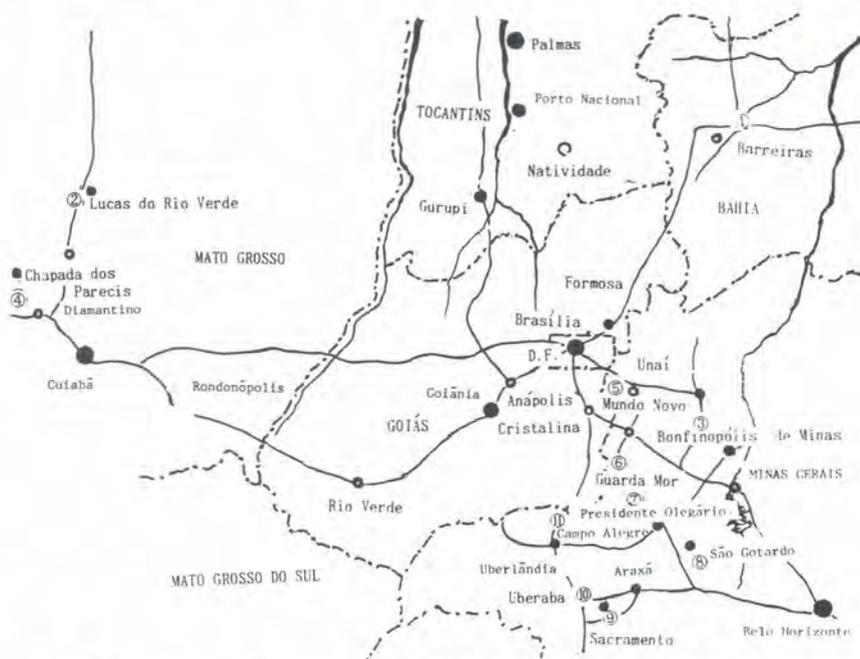


FIG. 1 - Locais avaliados nas regiões do PRODECER I e II.

O estudo sobre ocorrência de pragas na região prevista para o PRODECER III foi realizado, em abril de 1991, nos locais indicados na Tabela 2 e Figura 2. O número do local está marcado no mapa.

TABELA 2 - Época e locais de estudos sobre o desenvolvimento de pragas da soja nas regiões do PRODECER III.

Época	Nº do local	Local	Estado
1991/Abr	1	Santa Filomena	PI
	2	Tasso Fragoso	MA
	3	Balsas	MA
	4	Carolina	MA
	5	Palmas	TO
	6	Porto Nacional	TO
	7	Natividade	TO

PI: Piauí, MA: Maranhão, TO: Tocantins.

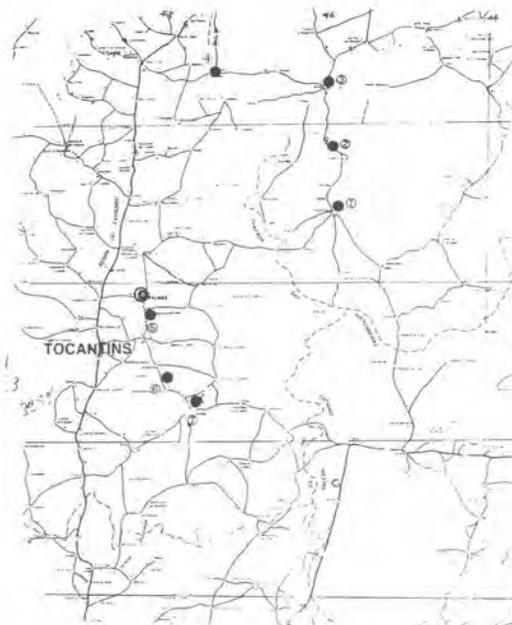


FIG. 2 - Locais avaliados previstos para as regiões do PRODECER III.

2.2 Análise do habitat e estudos sobre a ecologia e desenvolvimento da espécie de percevejo *Euschistus heros*

2.2.1 Estudo do desenvolvimento do ovário da fêmea de *Euschistus heros* e crescimento no outono e no inverno:

A partir da vegetação nativa (Siratro: *Macroptilium atropureus*) e de algumas culturas na região do Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD-DF) foram coletadas ninfas e adultos de percevejos que atacam a soja, fazendo-os copular e ovipositar em laboratório. Ao mesmo tempo, após passagem de um período determinado de tempo, as fêmeas foram dissecadas fazendo-se um estudo sobre as condições de crescimento do ovário e acúmulo de gordura.

2.2.2 Estudo sobre as circunstâncias de acúmulo de gordura e crescimento do ovário de *Euschistus heros*.

A partir do inseto adulto coletado na região do PADDF (DF) no período do outono e inverno, dissecou-se sua região abdominal e foi feito um exame microscópico, onde observou-se o estágio de desenvolvimento do ovário, graduando-os conforme os critérios da Tabela 3 e Figura 3. A condição de acúmulo de gordura foi dividida e registrada em escala gradativa de I a V, e os índices de cada grau foram alcançados pela média dos pesos por grau.

TABELA 3 - Padrão de desenvolvimento do ovário do *Euschistus heros*.

Grau	Nível de desenvolvimento	Nível de desenvolvimento do ovário
I	sem desenvolvimento	nenhum sinal de desenvolvimento
II	em desenvolvimento	sensível aumento
III	em desenvolvimento	grande corpulência
IV	em desenvolvimento	observa-se o ovo amarelado
V	amadurecimento	observa-se o ovo maduro na parte inferior

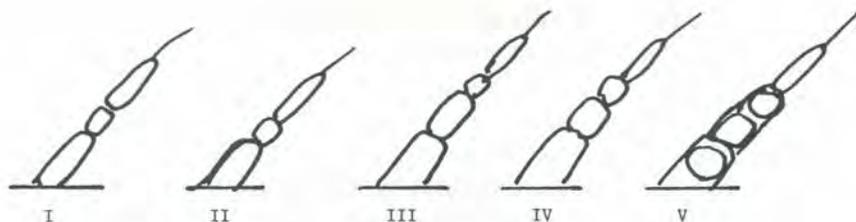


FIG. 3 - Classificação do desenvolvimento de ovário de *Euschistus heros*.

2.2.3 Estudo sobre cópula e postura do inseto hibernante *Euschistus heros*:

A partir do inseto hibernante coletado em região com denso crescimento de capim Gordura (*Melinis minutiflora*), foi realizado um estudo de cópula, postura e desenvolvimento do ovário sob condições naturais bem como sob condições artificiais de dia longo (14L:10D) e dia curto (10L:14D). Para sua alimentação, conforme demonstrado na Figura 4, foi utilizado um recipiente feito com dois copos de sorvete, com 15 cm de diâmetro e capacidade para 400 ml cada, disposto um sobre o outro, sendo colocada água na parte inferior e um papel filtro no seu centro para possibilitar a sucção da água. O inseto que copulou foi transferido para uma placa de Petri de 9 cm de diâmetro, com 2 cm de altura, contendo um tubo para suprimento de água e algodão para a postura. Como alimento foram dados grãos de soja secos, grãos de amendoim e grãos de alfafa colados em fita aderente.

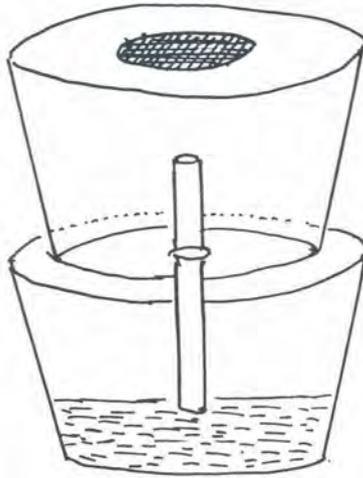


FIG. 4 - Recipiente para criação em massa de percevejos.

2.2.4 Estudo sobre o úmero do *Euschistus heros*:

Realizou-se um estudo sobre a mudança da forma do úmero do inseto adulto, cuja ninfa eclodiu de ovo sob uma temperatura de 25°C com dia longo (14L:10D) e dia curto (10L:14D), foi alimentada e emergiu o adulto. Foi observada também a alteração na forma do úmero do inseto coletado no campo.

3 Resultados

3.1 Distribuição de espécies de pragas que atacam a soja

3.1.1 Condições de desenvolvimento de pragas da soja no CPAC

Primeiramente, apresentamos na Tabela 4 o resultado das observações feitas no período de 1988 a 1992 sobre as condições de desenvolvimento das principais pragas que atacam a soja no CPAC.

TABELA 4 - Nível de ocorrência das principais pragas na área experimental do CPAC.

Local afetado	Identificação	(Ordem)	Forma	Nível de ocorrência
	<i>Dysmicoccus brevipes</i>	(Hem)	L.	1
	<i>Diabrotica speciosa</i>	(Col)	L.	1
	<i>Cerotoma arcuata</i>	(Col)	L.	1
	<i>Maecolaspis</i> sp.	(Col)	L.	1
colmo	<i>Agrotis ypsilon</i>	(Lep)	L.	1
	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	(Lep)	L.	1
folha	<i>Articarsia gemmatilis</i>	(Lep)	L.	2-3
	<i>Pseudoplusia includens</i>	(Lep)	L.	2
	<i>Urbanus proteus</i>	(Lep)	L.	2
	<i>Hedylepta indicata</i>	(Lep)	L.	2-3
	<i>Diabrotica speciosa</i>	(Col)	A.	2-3
	<i>Cerotoma arcuata</i>	(Col)	A.	2-3
	<i>Maecolaspis</i> sp.	(Col)	A.	2-3
colmo/folha	<i>Epinotia aporema</i>	(Lep)	L.	1
grão/casca	<i>Nezara viridula</i>	(Hem)	L.A.	3
	<i>Piezodorus guildinii</i>	(Hem)	L.A.	3
	<i>Euschistus heros</i>	(Hem)	L.A.	3
	<i>Edessa mediatubunda</i>	(Hem)	L.A.	2
	<i>Acrosternum</i> sp.	(Hem)	L.A.	2
	<i>Thyanta perditor</i>	(Hem)	L.A.	2
	<i>Dichelopus melaconta</i>	(Hem)	L.A.	1
	<i>Megalotomous pallecens</i>	(Hem)	L.A.	2-3

Nível de ocorrência 1: irrisório, 2: pouco, 3: médio, 4: muito, 5: extremo

Forma A: adulto, L:larva/ninfa

Entre 1988 e 1991, o desenvolvimento das pragas da soja esteve nos níveis normais, mas em 1992 houve um decréscimo. Dentre as 22 principais espécies de pragas, trazem problema os Lepidópteros que se alimentam de folhas, bem como algumas espécies de besouros e os percevejos que atacam as vagens. Os danos causados pela larva do besouro que ataca a raiz não é muito visível externamente. O *Dysmicoccus brevipes*, que ataca a raiz, raramente é visto.

3.1.2 Condições de desenvolvimento de pragas da soja nas regiões do Programa de Desenvolvimento do Cerrado I e II.

As Tabelas 5 e 6 apresentam os resultados do estudo realizado sobre as condições de desenvolvimento das principais pragas que atacam a soja nas regiões do Programa de Desenvolvimento do Cerrado I e II.

A Tabela 5 apresenta resumidamente as condições de desenvolvimento de 16 das principais espécies de pragas encontradas nos principais Estados da federação, que abrigam regiões sob Cerrados.

TABELA 5 - Região e nível de ocorrência das principais pragas da soja nos cerrados.

Ordem	Identificação Espécie	Local e nível de ocorrência				
		DF	MG	GO	BA	MT
Lepidoptera	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	3	3	3	2	2
	<i>Pseudoplusia includens</i>	1	1	1	1	1
	<i>Urbanus proteus</i>	2	2	2	2	2
	<i>Hedylepta indicata</i>	3	3	3	3	3
	<i>Epinotia aporema</i>	1	1	1	1	1
Hemiptera	<i>Nezara viridula</i>	3	3	3	3	3
	<i>Piezodorus guildinii</i>	3	3	3	3	3
	<i>Euschistus heros</i>	3	3	3	3	4
	<i>Edessa meditabunda</i>	2	2	2	2	3
	<i>Thyanta perditor</i>	2	2	2	2	2
	<i>Megalotomus pallescens</i>	3	3	3	3	2
Coleoptera	<i>Diabrotica speciosa</i>	3	3	3	3	3
	<i>Cerotoma arcuata</i>	3	3	3	2	3
	<i>Maecolaspis</i> sp.	2	2	2	2	3
	<i>Megascelis calcarifera</i>	-	?	-	-	2
	<i>Chalepus</i> sp.	?	2	-	-	-

Nível de ocorrência 1: irrisório, 2: pouco, 3: médio, 4: muito, 5: extremo

? alta probabilidade de ocorrência

Na Ordem Lepidoptera, as lagartas alimentam-se de folhas. A *Anticarsia gemmatalis* ocupou elevado grau de importância em cada região e em 1990 apresentou uma grande infestação, ocorrendo numa área que se estendia a um raio de aproximadamente 200 km nos arredores de Brasília (Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais). Nessa época foram visitadas muitas lavouras onde nada foi colhido (Figura 5). A *Pseudoplusia includens* e a *Urbanus proteus* não causaram grandes danos nessas regiões. A *Hedylepta indicata* desenvolveu-se dentro da média. Os danos aumentam principalmente nas áreas que foram plantadas com atraso. Dentre as espécies que atacam o caule, destacou-se a *Epinotia aporema*, que ataca do centro das folhas à extremidade do caule. Essa espécie ocorreu frequentemente na região de Guarda Mor, no Estado de Minas Gerais, sendo que nas demais localidades não causou muitos prejuízos às lavouras.



FIG. 5 - Danos causados pela lagarta da soja *Anticarsia gemmatalis* em campo de soja.

Entre os Hemípteros, dependendo da fase de desenvolvimento (ninfas ou adultos) das espécies de percevejos, são as sementes e as vagens que sofrem os danos. Entre as seis espécies de percevejos, três se evidenciaram mais abundantes: *N. viridula*, *P. guildinii* e *E. heros*. O *N. viridula* manteve elevada densidade de propagação no Distrito Federal e nos Estados de Minas Gerais e Goiás, comparativamente com outros Estados. Surgiram em baixa densidade no oeste do Mato Grosso, mas não foram encontradas na parte setentrional do Estado. Nas áreas recém-cultivadas da região onde o *N. viridula* está distribuído, não havia ataque intenso, mas acredita-se que dentro de alguns anos a espécie poderá fazê-lo. O *P. guildinii* vem se desen-

volvendo dentro da média nessas regiões. O *E. heros* apresenta-se como espécie dominante no Estado do Mato Grosso. As demais espécies de perceijos vêm se propagando em quase todas as regiões, mas até o momento os danos não têm sido severos.

Dentre os Coleópteros, o desenvolvimento e os danos causados pela Ordem dos besouros têm se destacado três espécies (*C. arcuata*, *D. speciosa* e *Maecolaspis* sp.). A espécie dominante varia de região para região. No Estado do Mato Grosso, além dessas três espécies, há também o gênero *Megascelis*. Nos outros Estados não foi confirmado o desenvolvimento do gênero *Megascelis*, mas em 1992 no subúrbio da cidade de Sacramento, no Estado de Minas Gerais, foi coletado um inseto com grande semelhança que, acredita-se seja da mesma espécie. No momento está sendo providenciada a sua identificação.

No município de São Gotardo e em seus arredores foram coletados insetos da folha da soja, larva e crisálida de uma família desconhecida de besouro. Acredita-se que seja uma nova praga da soja, do gênero *Chalepus*, mas a sua ecologia é completamente desconhecida. Atualmente está se realizando a sua criação, estando em fase de confirmação a sua natureza nociva e em fase de solicitação de sua identificação.

A larva de Coleóptero encontrada, cujo alimento é a folha da planta, é conhecida como "inseto-que-cause-danos-à-raiz", mas nesse caso não houve danos nas raízes que tenham se destacados. Sobre sua ecologia, muitos pontos obscuros ainda existem pois ainda não foram objeto de estudos.

A Tabela 6 mostra os resultados dos estudos do grau de desenvolvimento das 14 principais espécies desenvolvidas nas grandes áreas de cultivo da soja. Verifica-se que existe uma tendência de ocorrência mais frequente de insetos nas áreas cultivadas há mais tempo. Contudo a correlação existente entre o número de anos de cultivo e o grau de desenvolvimento dos insetos ainda não está bem definida.

Do estudo realizado sobre as condições de desenvolvimento na região prevista para a atuação do Programa de Desenvolvimento do Cerrado III, obtiveram-se os resultados demonstrados na Tabela 7.

TABELA 6 - Nível de ocorrência das principais pragas em grandes áreas de soja.

Local	PADDF					Mundo Novo			Guarda Mor	
	Níveis de ocorrência nos anos da pesquisa*									
Estado	DF					MG			MG	
Ano do início do desenvolvimento	1976					1980			1988	
Nº de anos após o desenvolvimento	16					12			4	
	88	89	90	91	92	90	91	92	91	92
Hemiptera										
<i>Nezara viridula</i>	3	3	3	3	1	3	3	1	0	1
<i>Piezodorus guildinii</i> 3	3	3	3	1	3	3	1	2	2	
<i>Euschistus heros</i> 3	3	3	3	1	2	2	1	2	2	
<i>Edessa mediatubunda</i>	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1
<i>Acrosternum</i> sp.	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1
<i>Megalotomus pallescens</i>	3	3	3	2	1	3	2	1	1	1
Lepidoptera										
<i>Anticarsia gemmatilis</i>	2	2	4	2	1	3	1	1	1	1
<i>Pseudoplusia includens</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
<i>Urbanus proteus</i>	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
<i>Hedylepta indicata</i>	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
<i>Epinotia aporema</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	4
Coleoptera										
<i>Cerotoma arcuata</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
<i>Diabrotica speciosa</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
<i>Maecolaspis</i> sp.	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1

* nível de ocorrência 0: sem ocorrência, 1: irrisório, 2: baixa, 3: média, 4: alta, 5: extrema

TABELA 7 - Situação de ocorrência de pragas da soja nas regiões previstas para o PRODECER III.

Estrutura atacada	Identificação	Ordem	Nível de dano**	
			TO*	MA
caule/folha	<i>Hedylepta indicata</i>	Lep	2	3-4
	<i>Cerotoma arcuata</i>	Col	2	2-4
	<i>Diabrotica speciosa</i>	Col	2-3	2-3
semente	<i>Nezara viridula</i>	Hem	?	?
	<i>Euschistus heros</i>	Hem	?	1
	<i>Acrosternum</i> sp.	Hem	?	1-2
	<i>Thyanta perditor</i>	Hem	?	2

* TO: Tocantins, MA: Maranhão

** nível de dano 1: irrisório, 2: baixo, 3: médio, 4: alto, 5: extremo

?: alta probabilidade de ocorrência

Nesse estudo, poucas foram as espécies presentes, bem como poucos foram os danos. O *N. viridula* não foi encontrado nessa região e a densidade de propagação das espécies tradicionais de percevejos também não foi muito elevada. Os danos mais frequentes foram os vestígios dos ataques provocados por espécies de besouros e o enrolamento das folhas causado pela *H. indicata* pertencente aos Lepidópteros.

3.2 Ecologia de desenvolvimento das espécies de percevejos no período do outono e inverno

3.2.1 Condições de desenvolvimento dos percevejos no período do outono e inverno

A Tabela 8 demonstra os resultados do estudo realizado sobre as circunstâncias de desenvolvimento dos percevejos no período do outono e inverno, de 1990 a 1992.

TABELA 8 - Situação da ocorrência de percevejos no campo.

Espécie	Época(mês)	Forma de ocorrência	Nível de ocorrência	Acasalamento	Postura
<i>N. viridula</i>	5	A.L. ¹	médio	Φ ²	Φ
	6	A.L.	médio	? ²	Φ
	7	A.L.	médio	?	Φ
	8	A.L.	alto	?	Φ
	9	A.	médio	?	Φ
<i>P. guildinii</i>	5	A.L.	baixo	?	Φ
	6	A.L.	médio	?	Φ
	7	A.L.	baixo	Φ	Φ
	8	A.	baixo	?	?
	9	A.	baixo	?	Φ
<i>E. meditabunda</i>	5	A.L.	médio	Φ	Φ
	6	A.	médio	Φ	Φ
	7	A.	alto	?	Φ
	8	A.L.	alto	Φ	Φ
	9	A.	baixo	?	Φ
<i>Acrosternum</i> sp.	5	A.L.	baixo	?	Φ
	6	A.	baixo	?	Φ
	7	A.	baixo	?	Φ
	8	A.	baixo	?	?
	9	A.	baixo	?	Φ
<i>T. perditor</i>	5	A.L.	baixo	Φ	Φ
	6	A.L.	médio	Φ	Φ
	7	A.	alto	Φ	Φ
	8	A.	alto	?	Φ
	9	A.	médio	?	Φ
<i>M. pallescens</i>	5	A.	baixo	?	Φ
	6	A.	baixo	?	Φ
	7	A.	baixo	?	Φ
	8	A.	alto (♂)	?	Φ
	9	A.	médio	?	Φ

¹/ A: adulto, L: ninfa, ² Φ: confirmado, ³ ? : não confirmado

As espécies mais importantes desenvolveram-se em culturas irrigadas, como a ervilha ou feijão, o trigo e o milho, mas aqui o estudo foi realizado dando ênfase a cultura de feijão. Conforme se vê na Tabela 8, três foram as espécies que mais se propagaram no período de outono e inverno: *N. viridula*, *E. meditabunda* e *T. perditor*, sendo que a densidade de propagação do *P. guildinii*, *Acrosternum* sp. e *M. pallescens* não foi elevada. No entanto, quanto ao *M. pallescens*, houve ano em que, no mês de agosto, foi coletada grande quantidade apenas de machos. Os insetos coletados que copularam foram o *N. viridula*, *E. meditabunda*, *P. guildinii* e *T. perditor*, sendo observada postura.

No outono, o *N. viridula* coloriu-se todo de um tom marrom avermelhado e o *E. meditabunda* começou a aparecer com a cor de hibernação, passando da cor verde para um marrom escuro, desaparecendo essa cor em setembro.

Em meados de setembro, foi possível coletar muitos ovos de *N. viridula*, *E. meditabunda*, *T. perditor*, *P. guildinii*, *Acrosternum* sp. e *M. pallescens* nas culturas irrigadas e em outubro tornam-se visíveis insetos adultos também em leguminosas na vegetação nativa.

3.2.2 Circunstâncias de crescimento do ovário no período do outono e inverno

Foi feito um estudo sobre as circunstâncias de crescimento do ovário através da coleta, criação e dissecação de ninfas e adultos de insetos de lavouras irrigadas. Os resultados estão indicados na Tabela 9.

No período de outono e inverno, em cada espécie, houveram alguns insetos que não desenvolveram o ovário, mas muitos outros estão aptos a pôr seus ovos, demonstrando que a atividade reprodutiva continua.

TABELA 9 - Desenvolvimento do ovário no outono e no inverno.

Espécie	Época de estudo (mês)	Nº de fêmeas	Nº de insetos de acordo com o nível de desenvolvimento do ovário		
			SD ¹	ED ²	A ³
<i>N. viridula</i>	5	10	3	1	6
	6	20	18	2	0
	7	17	11	1	5
	8	9	2	2	5
<i>P. guildinii</i>	5	3	0	0	3
	6	4	2	2	0
	7	3	0	0	3
	8	1	1	0	0
<i>E. meditabunda</i>	5	7	2	0	5
	6	3	0	0	3
	7	10	4	3	3
	8	9	9	0	0
<i>Acrosternum</i> sp.	5	5	1	0	4
	6	2	2	0	0
	7	1	0	0	1
	8	1	0	0	1
<i>T. perditor</i>	5	2	0	0	2
	6	20	1	2	17
	8	7	1	0	6
<i>M. pallescens</i>	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	2	0	0	2
	8	1	0	0	1

¹ sem desenvolvimento: sem qualquer desenvolvimento do ovário

² em desenvolvimento: observa-se ligeira cor amarelada no ovário em desenvolvimento

³ adulto maduro: com ovos maduros no ovário

3.2.3 Resposta do *N. viridula* ao fotoperíodo

3.2.3.1 Influência da fotoperiodicidade no aparecimento de insetos com cor de hibernação, no crescimento do ovário e na postura

Num ambiente com temperatura constante de 25°C e 14h de luz, utilizando-se os ovos postos por inseto adulto de criação contínua e alimentando as ninfas sob condições de dia longo (14L:10D) e dia curto (10L:14D), foi realizado um estudo sobre a postura e as circunstâncias de aparecimento da cor de hibernação. Os resultados constam na Tabela 10 e Figura 6.

Analisando a Tabela 10, verifica-se que a coloração individual de tom marrom avermelhado no *N. viridula* não aparece em dia longo, aparecendo somente em dia curto. Além disso, constatou-se que em dia longo houve postura, o que não ocorreu em dia curto. Em dia curto não houve qualquer crescimento de ovário mas em dia longo o ovário de muitos insetos atingiram o estágio de amadurecimento.

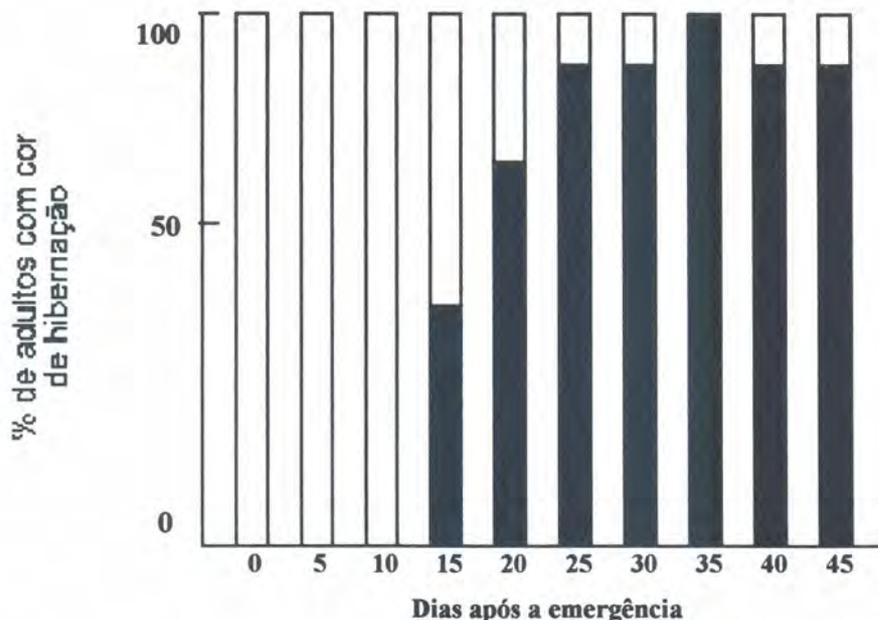


FIG. 6 - Ocorrência de cor de hibernação em *Euschistus heros* sob regime de dias curtos.

TABELA 10 - Influência do fotoperíodo na postura/desenvolvimento do ovário e no aparecimento da cor de passagem de inverno em *Nezara viridula*.

Fotoperíodo e temperatura	Nº total insetos	Nº de adultos emergidos	aparecimento da cor de passagem de inverno (%)	insetos em postura* (%)	Nível de desenvolvimento do ovário** (%)		
					S ¹	E ²	A ³
14L-10E/25°C	85	40 (21)	0	76.2	0	0	0
10L-14D/25°C	86	43 (18)	97.7	0	100	0	0

() Representa o nº e fêmeas

* Levantamento feito após 40 dias da emergência do adulto

** Os insetos mortos foram eliminados

¹ S = sem desenvolvimento

² E = em desenvolvimento

³ A = adulto

A Figura 6 mostra a mudança de coloração do corpo do inseto adulto, cuja ninfa foi alimentada sob condições de dias curtos. É mostrado que a cor de hibernação começa a aparecer mais ou menos com 12 a 15 dias após o desenvolvimento das asas, aumentando até mais ou menos 35 dias e reaparecendo a coloração verde por volta do 40º dia.

3.2.3.2 Mudança de cor no inseto hibernante em condições de dia longo

Foi realizado um estudo sobre as circunstâncias de aparecimento da cor de hibernação e postura, sob condições de dia longo, dos insetos adultos coletados no campo em fins de abril. A Figura 7 apresenta os resultados obtidos.

Pela Figura 7 percebe-se que uma parte da coloração verde do inseto muda uma vez para um tom marrom avermelhado, voltando logo ao verde no verão. E esperando-se um curto período de tempo, começam a aparecer insetos que iniciam a postura de ovos.

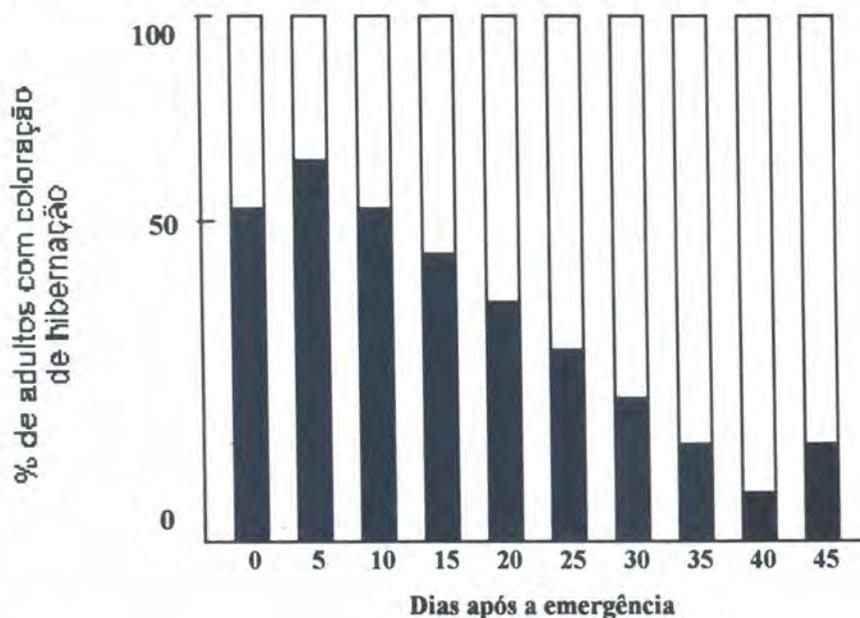


FIG. 7 - Mudança de coloração de adultos de *Euschistus heros* com hibernação.

3.2.4 Análise do habitat do *Euschistus heros*

3.2.4.1 Ecologia da hibernação

(a) Circunstâncias de propagação em hibernáculo

A Tabela 11 mostra as condições reais do hibernáculo do *E. heros*.

O *E. heros* começa a se reunir em seu hibernáculo até meados de abril, aumentando gradualmente a quantidade de propagação.

TABELA 11 - Situação de passagem de inverno do *Euschistus heros*.

Época (mês)	Densidade	Habitat	Acasalamento	Observação
3	zero	—	—	insetos do campo em postura
4	em aumento	ervas/folhas caídas	ausente	não ovipositou
5	em aumento	ervas	ausente	inativo
6	estável	ervas	ausente	inativo
7	estável	ervas	ausente	inativo
8	estável	ervas	ausente	inativo
9	estável	ervas	ausente	alguma movimentação
10	estável	ervas	ausente	grande movimentação
11	estável	ervas	pouco	fase pré-saida
12	em redução	sobre as ervas	presente	mudança com vôo
1	em redução	sobre as ervas	presente	mudança com vôo
2	muito baixo	sobre as ervas	—	término da mudança com vôo
3	zero	—	—	—

Os meses 5 a 9 são na época de seca

Os insetos hibernantes descansam no meio do capim ou embaixo das folhas caídas até por volta de setembro, praticamente sem se movimentar. Em setembro/outubro começam a se transferir para o meio dos arbustos, com todo o seu vigor. Em novembro já se avistam insetos copulando. A partir de novembro aumentam os insetos que se afastam do hibernáculo, reduzindo gradualmente a densidade de propagação. Em fevereiro, a redução chega ao extremo, para, em março, não haver mais propagação.

(b) Período de início da cópula e postura do inseto hibernante

Em 1989 foi realizado um estudo sobre as condições de crescimento em período reprodutivo e sobre as circunstâncias de postura do inseto adulto coletado em região de denso crescimento de Capim Gordura (*Melinis minu-*

tiflora), submetido a condições naturais e dia longo sob 25°C e alimentado com vagem de soja madura e sementes desidratadas.

As circunstâncias de copulação indicadas na Tabela 12 onde se observa que a cópula inicia-se logo após a coleta, havendo também muitos percevejos que copulam tardiamente. Além disso, verifica-se que praticamente não há diferença entre os tratamentos em que foram dadas vagens e os que foram dadas sementes desidratadas como alimento.

TABELA 12 - Época de acasalamento dos adultos de *Euschistus heros* que passaram o inverno(1989)

Ambiente de criação	Dieta	Época da colheita	Acasalamento			
			n° exemplares	1º dia	último dia	média* (dias)
14L-10E e 25°C	vagem	3/Out	12	2/Out	11/Nov	59,4 ± 7,7
	semente	3/Out	11	20/Out	29/Nov	63,3 ± 10,6
	semente	24/Out	17	28/Out	12/Dez	70,0 ± 14,3
	semente	14/Nov	14	17/Nov	29/Nov	84,0 ± 4,0
	semente	13/Dez	6	19/Dez	17/Jan	93,4 ± 10,8
natural	vagem	3/Out	11	18/Out	10/Dez	66,7 ± 20,7
	semente	3/Out	18	12/Out	29/Nov	43,8 ± 19,9
	semente	24/Out	22	26/Out	23/Nov	65,0 ± 6,7
	semente	14/Nov	20	16/Nov	9/Dez	87,3 ± 8,6
	semente	13/Dez	7	18/Dez	5/Jan	86,7 ± 6,6

*O dias médios para o acasalamento foram contados a partir de 31/08

A seguir, a Tabela 13 apresenta as circunstâncias do início da postura, período e quantidade de postura.

TABELA 13 - Situação de postura e época de postura dos adultos de *Euschistus heros* que passaram o inverno(1989)

Ambiente de criação	Dieta	Época da colheita	N° insetos em postura	Início da postura				
				1º dia	Último dia	média* (dias)	Período da postura (dias)	Nº de postura (1)
14L-10E e 25°C	vagem	3/Out	8	28/Out	28/Nov	78,3 ± 11,1	—	—
	sementes	3/Out	5	5/Dez	11/Dez	99,4 ± 2,1	—	—
	sementes	24/Out	15	6/Nov	26/Dez	90,7 ± 21,9	33,9	120,9
	sementes	14/Nov	10	2/Dez	27/Jan	116,5 ± 17,0	16,3	49,4
	sementes	13/Dez	8	8/Jan	12/Fev	120,1 ± 14,8	22,1	59,0
natural	vagem	3/Out	5	7/Nov	4/Dez	75,7 ± 12,3	—	—
	sementes	3/Out	13	26/Out	3/Dez	70,9 ± 10,6	18,4	96,6
	sementes	4/Out	19	7/Nov	26/Jan	92,2 ± 24,8	28,8	108,2
	sementes	14/Nov	16	25/Nov	22/Dez	98,3 ± 7,3	40,0	127,9
	sementes	13/Dez	5	10/Jan	24/Jan	108,4 ± 7,3	24,2	116,2

* Os dias médios para o início da postura foram contados a partir de 31/08.

Dentre os insetos que copularam, houve alguns que não puseram ovos, mas o início da postura variou. A partir de outubro a iniciaram os mais precoces, e a partir de janeiro os mais tardios. O período médio para o início da postura foi de 80 a 120 dias, a contar de 30 de agosto. O período de início da postura, sob condições naturais e de dia longo, indicou uma tendência de atraso em função da demora na época da coleta. Os tratamentos vagem de soja e semente desidratada dadas como alimento não exerceram influência sobre o período necessário ao início de postura. De maio a dezembro de 1990, foram coletados insetos hibernantes com intervalo de um mês, e, a uma temperatura de 25°C sob condições tanto natural como de dia longo. Foi feito um estudo sobre as circunstâncias de cópula e postura, dando-lhes como alimento semente desidratada. Os resultados desse estudo estão apresentados na Tabela 14 e nas Figuras 8.1 e 8.2

TABELA 14 - Época de acasalamento e postura do *Euschistus heros* que passara o inverno de 1990.

Condição de criação	Época da coleta	Acasalamento				Postura		Acasalamento período de postura
		Nº de insetos	1º dia	último dia	Período P.A.*	Nº insetos	Período P.A.*	
14L-10D e 25°C	24/Mai	7	7/Ago	19/Out	19.9 (20/Set)	5	40.3	13.8
	3/Jul	33	19/Set	1/Nov	35.9 (6/Out)	21	56.1	17.1
	2/Ago	32	20/Set	28/Dez	49.4 (19/Out)	17	68.5	19.1
	3/Set	51	27/Set	3/Dez	52.2 (22/Out)	29	74.1	22.2
	2/Out	28	16/Out	17/Dez	57.9 (28/Out)	18	77.4	19.5
natural	8/Nov	36	13/Nov	7/Jan	89.1 (28/Nov)	24	111.0	21.9
	5/Dez	16	10/Dez	7/Jan	110.1 (19/Jan)	7	121.2	11.1
	24/Mai	27	18/Set	3/Dez	61.4 (31/Out)	15	74.9	15.7
	3/Jul	44	19/Set	1/Nov	60.3 (30/Out)	31	72.8	12.5
	2/Ago	31	17/Set	26/Nov	55.2 (25/Out)	17	66.6	11.4
	3/Set	41	25/Set	28/Dez	60.4 (30/Out)	22	72.0	15.7
	2/Out	48	11/Out	3/Dez	69.3 (8/Nov)	21	87.6	19.0
	8/Nov	44	9/Nov	1/Jan	88.9 (28/Nov)	14	105.8	18.9
	5/Dez	29	10/Dez	11/Jan	109.3 (18/Dez)	15	124.9	15.6

* O período anterior ao acasalamento e postura, contados a partir de 31/08

Analisando a Tabela 14, verifica-se que a cópula teve início, nos insetos mais precoces, em meados de setembro, e nos mais tardios, entre dezembro e janeiro. Percebe-se que, na média, houve diferença quando submetidos a condições naturais e quando submetidos a 25°C em condições de dia longo, sendo mais rápidos nesta última, e que a demora ocorreu em função do atraso na época da coleta. O período decorrido entre a cópula e a postura, tanto sob condições naturais como em condições de dia longo a 25°C praticamente não apresentou alteração, sendo de aproximadamente 15 dias.

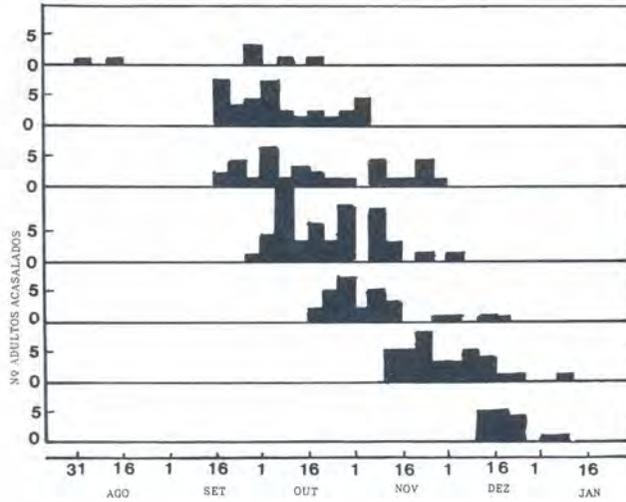


FIG. 8.1 - Relação entre a data da coleta e o acasalamento sob condições de 25°C-14h em adultos de *Euschistus heros* em hibernação.

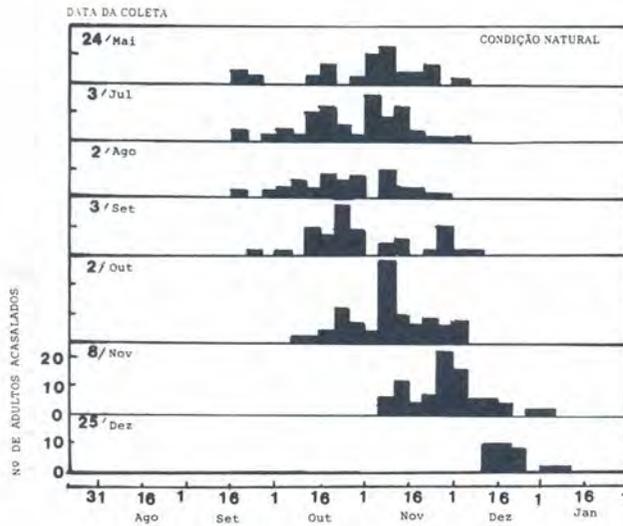


FIG. 8.2 - Relação entre a data da coleta e acasalamento de adultos de *Euschistus heros* sob condições naturais.

Analisando as Figuras 8.1 e 8.2, que mostram a mudança da postura, não se distingue diferença de tendência entre dia longo e condições naturais.

Em 1991, foi realizado um estudo sobre as circunstâncias de cópula e postura de inseto adulto hibernante coletado em 10/07 (I) e 15/07 (II), submetidos a uma temperatura de 25°C sob condições de dia longo e curto, e a 30°C sob condições naturais, alimentando-os com sementes desidratadas. Os resultados desse estudo estão indicados na Tabela 15 e na Figura 9.

Observando a Tabela 15, verifica-se que há uma tendência do período pré-cópula ser um pouco mais curto quando submetido a dia longo do que quando submetido a dia curto, mas essa diferença não é muito nítida. A 30°C nota-se que tende a encurtar ligeiramente. Não se observa tendência fixa na quantidade de dias que se passa entre a cópula e a postura.

Analisando as circunstâncias de postura da Figura 9, verifica-se que o desenvolvimento dos insetos a 30°C e o com dia curto são ligeiramente mais rápidos do que o com dia longo. Entre 30°C e o comportamento com dia curto quase não houve diferença.

TABELA 15 - Influência do fotoperíodo e da temperatura na quebra da diapausa do adulto de *Euschistus heros* da diapausa após a passagem do inverno(1991).

Ambiente de criação	Bloco	Nº de fêmeas	Acasalamento		Postura			Acasalamento período pre-postura
			Nº	Período ant.*	Nº	Período ant.*	Nº postura por fêmea	
14L-10E	I	55	20	43.5 (14/Set)	12	56.2	54.8	12.7
e 25°C	II	60	21	53.8 (24/Out)	7	75.9	29.4	22.1
10L-14E	I	93	36	69.9 (10/Out)	23	84.5	77.4	14.6
e 25°C	II	104	25	54.0 (24/Out)	14	69.2	48.8	15.2
nat.-30°C	I	59	30	32.2 (2/Out)	22	44.8	93.4	12.6

* O período do anterior ao acasalamento e postura, contados a partir de 31/08

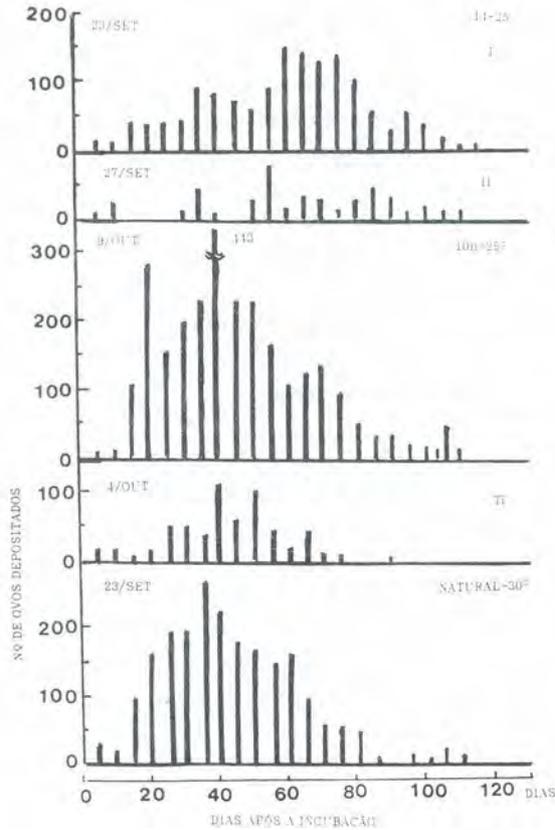


FIG. 9 - Relação entre deposição de ovos e dias após incubação.

(c) Circunstâncias de acúmulo de gordura e desenvolvimento do ovário dos insetos hibernantes

Foi realizado um estudo sobre as circunstâncias de desenvolvimento do ovário e de acúmulo de gordura, através da dissecação de inseto adulto hibernante coletado em hibernáculo do campo.

Os resultados desse estudo (Tabela 16), mostram que em abril, no período do outono, o organismo do inseto modifica-se para as condições de acúmulo de gordura e crescimento de ovário, mas em maio/agosto há armazenamento suficiente de gordura, ficando somente insetos sem crescimento de ovário. Entrando no mês de setembro, aparecem insetos com pouco acúmulo de gordura e surgem aqueles com crescimento de ovário avançado. A partir de novembro são grandes as variações, havendo mistura dos insetos com crescimento de ovário em fase avançada e atrasada.

TABELA 16 - Situação de armazenamento de gordura e desenvolvimento do ovário do *Euschistus heros* coletado do local de passagem de inverno.

Época (mês)	Nº de insetos	Gordura							Desenvolvimento do ovário					
		I	II	III	IV	V	Índice	I	II	III	IV	V	Índice	
4	22	5	7	2	1	7	3.0	15	4	1	1	1	1.6	
5	11	0	0	0	0	11	5.0	11	0	0	0	0	1.0	
6	20	0	0	0	0	20	5.0	20	0	0	0	0	1.0	
7	20	0	0	0	0	20	5.0	20	0	0	0	0	1.0	
8	20	0	0	0	0	20	5.0	20	0	0	0	0	1.0	
9	20	0	0	2	3	15	4.7	9	7	3	1	0	1.8	
10	22	1	4	9	5	3	3.2	15	6	1	0	0	1.4	
11	40	6	8	8	8	10	3.2	20	13	4	2	1	1.8	
1	35	5	11	11	7	1	2.7	16	9	9	1	0		

3.2.4.2 Desenvolvimento nas vegetações nativas

O desenvolvimento do inseto no Siratro, leguminosa nativa, foi estudado de 1990 a 1992. Na primavera, em outubro, alguns poucos foram vistos, e no verão muito raramente eram avistados. O mesmo ocorreu no inverno.

3.2.4.3 Desenvolvimento em culturas no campo

(a) Desenvolvimento em soja no campo

A soja de ciclo longo semeada entre fins de outubro e início de novembro começa a florescer em janeiro, época em que os insetos voam para a plantação. Durante o estágio de formação das vagens sugam o líquido da mesma e passam uma a duas gerações na lavoura, até meados de abril, imediatamente antes da queda de suas folhas. Os insetos coletados na soja ime-

diatamente antes da migração, em março, apresentam úmero formato de verão e de inverno. Ambos os formatos, ao serem alimentados, logo põem ovos, continuando a postura por longo período em ambiente de laboratório. Em meados de abril é possível coletar insetos da soja imediatamente antes da queda das folhas.

(b) Desenvolvimento nas culturas irrigadas

No inverno, raramente coletam-se insetos de plantios de feijão ou ervilha irrigados mas, dentre os coletados, há os que têm crescimento de ovário.

3.2.4.4 Postura e mudança no estado do inseto em função do fotoperíodo

Os resultados do estudo realizado sobre as mudanças do úmero do *E. heros* adulto, cuja ninfa foi alimentada sob condições de dia curto e dia longo, bem como sob condições naturais, estão apresentados na Tabela 17.

TABELA 17 - Variação do úmero do *Euschistus heros* de acordo com a condição de fotoperíodo.

Condição de fotoperíodo e temperatura	Época do teste	Nº de insetos observados	Forma do úmero		
			Verão	Intermediário	Inverno
14h -25°C	I	9	9	0	0
	II	24	24	0	0
	III	10	10	0	0
10h -25°C	I	21	0	0	21
	II	32	0	0	32
natural	IV	7	3	0	4
	V	58	0	0	58
	VI	40	0	0	40

Época do teste (Época de emergência)

I: 13 a 18 de novembro

II: 13 a 20 de abril

III: 17 a 22 de junho

IV: 25 de novembro a 5 de dezembro

V: 4 a 9 de maio

VI: 7 a 14 de maio

Analisando a Tabela 17, verifica-se que, alimentando a ninfa sob condições de dia curto, aparecem insetos com formato de inverno, que possuem úmero de ângulo obtuso. Mas se a ninfa é submetida a condições de dia longo, a totalidade dos insetos tornam-se do formato de verão, que possuem úmero de ângulo agudo. E as ninfas que se alimentam sob condições naturais, no verão surgem formatos de verão e de inverno, e no inverno, apenas formato de inverno (Figura 10).

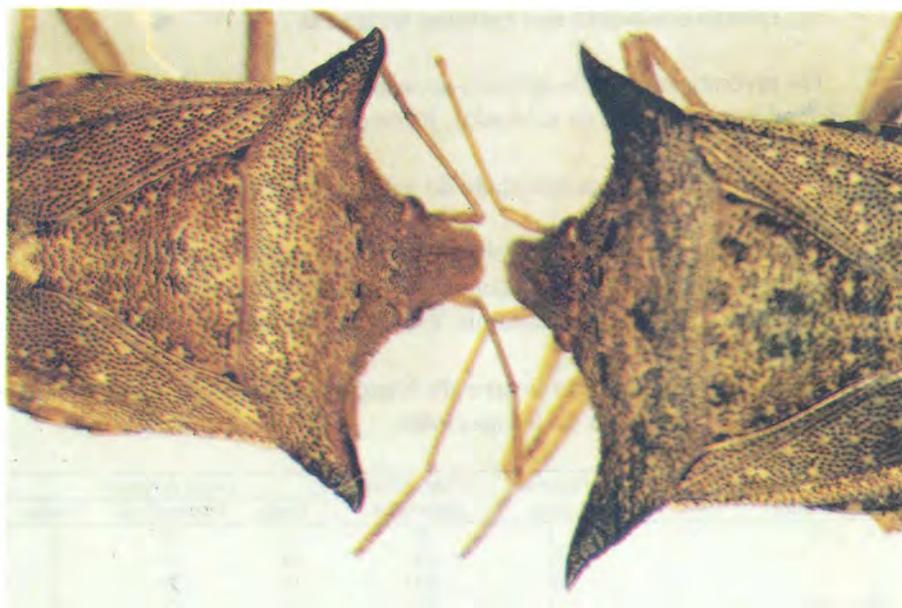


FIG. 10 - Duas formas de adultos de *Euschistus heros*. Forma de verão a direita e forma de inverno a esquerda.

A seguir, na Tabela 18, está apresentada a relação entre a postura e a extensão do dia. Percebe-se que em dia curto não ocorre postura, mas em dia longo sim. A postura inicia-se dez dias após o momento em que o inseto cria asas.

TABELA 18 - Influência do fotoperíodo na postura do *Euschistus heros*.

Fotoperíodo e temperatura	Nº de insetos	Nº de insetos em postura	Nº de posturas
14L-10E/25°C	I ♀:2 ♂:2	2	57
	II ♀:3 ♂:1	3	159
10L-14E/25°C	I ♀:4 ♂:5	0	0
	II ♀:3 ♂:4	0	0
natural/30°C	III ♀:2 ♂:1	2	100
	IV ♀:2 ♂:3	2	60
	V ♀:3 ♂:2	3	162

Época de emergência dos adultos

III: 24-28/Novembro; IV: 25-30/Novembro; V: 27/Nov-5/Dezembro

3.3 Registro de duas espécies de besouros (*Coleoptera: Chrysomelidae*)

Tendo em vista que não foi feito registro sobre as características quanto à forma, ecologia, danos e sobre os prejuízos na soja causados por duas espécies de pragas que acredita-se sejam novas, serão descritas suas linhas gerais.

3.3.1 *Megascelis calcarifera*

DISTRIBUIÇÃO: Estados do Mato Grosso e Minas Gerais (Sacramento)

FORMA: O inseto adulto mede de 4.5 a 6.0 mm, é todo de cor marrom- violeta escuro e possui um forte brilho metálico. A cabeça é pequena e um pouco escura. O tórax é fino e longo com 1 mm de largura. O tórax e a asa superior são da mesma cor. O olho composto é de coloração marrom escura, sendo um pouco sobressaltado. A antena é marrom escura. A asa superior é provida de pontilhados. As pernas são amarelo escuras, engrossando no fêmur das pernas traseiras. As formas da larva e da crisálida não são bem conhecidas.

ECOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO/DANOS: O inseto adulto se alimenta da folha da soja. O relato sobre o ataque da raiz pela larva foi feito por Kobayashi e Cosenza (1987).

3.3.2 *Chalepus* sp.

DISTRIBUIÇÃO: Estado de Minas Gerais (São Gotardo, Presidente Olegário) e Distrito Federal.

FORMA: O inseto adulto mede aproximadamente 10 mm de comprimento. É de cor predominante preta, e com a bainha da asa próxima ao tórax, de coloração amarelo escuro, até a parte da ponta da asa, preta. A cabeça é preta, a antena é curta e preta, o olho composto é preto. O tórax é preto, tendo dos dois lados do corpo pintas amarelo-escuras entre as linhas centrais, mas é grande a variação de cor do tórax. Na ponta da asa crescem espinhos (Figura 11).



FIG. 11 - Adulto de *Chalepus* sp.

ECOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO/DANOS: Em março de 1992 foi coletada uma larva que digeria folhas de soja em São Gotardo-MG. O inseto foi criado artificialmente até a formação das asas. Na cidade de Presidente Olegário-MG foi coletado inseto adulto com rede entomológica. O inseto alado foi alimentado com folha de soja, e até fins de maio não foi observada cópula ou postura. Os danos causados à soja lembram o ataque da mosca minadora de folhas (Figura 11). Até o momento, os danos à soja restringem-se aos vistos na região mencionada, mas em abril de 1992, no Distrito Federal, foi coletado grande número de insetos adultos parecidos com a referida espécie, quando digeriam o capim *Brachiara decumbens*. Acredita-se que sejam de espécies diferentes, uma vez que a coletada no Distrito Federal não come folhas de soja. A pupa possuía grande quantidade de parasitas mas a espécie não foi confirmada (Figura 12).



FIG. 12 - Pupa de *Chalepus* sp.

4 Discussão

4.1 Desenvolvimento e distribuição das pragas que atacam a soja

As diferentes pragas que atacam a soja no mundo inteiro ultrapassam o número de 2.500 (Kogan e Ternipseed, 1988), no Brasil foram registradas 70 espécies (Masariol et alli, 1979 e 80, Corseuil et alli, 1974). Na região do cerrado foram registradas apenas 17 espécies (Kishino, 1981), mas com o avanço dos estudos um maior número de diferentes espécies que atacam a soja deverá ser identificado doravante, bem como deverá tornar-se clara a sua distribuição.

Analisando as espécies encontradas na região do Programa de Desenvolvimento do Cerrado I e II, verifica-se que a grande maioria assemelha-se às encontradas nos Estados do sul do Brasil, isto é, poucas são as espécies desenvolvidas com características tipicamente do cerrado. As lavouras de soja na região do Programa de Desenvolvimento do Cerrado estão em áreas não cultivadas anteriormente. A existência de propriedades com vastas áreas (20.000 a 30.000 ha) cultivadas com soja, muitas vezes, separadas por áreas de pastagens, faz supor que as pragas se transferem de hospedeiros das vegetações nativas para a soja. Embora ainda não tenha sido possível elucidar o mecanismo dessa troca de hospedeiros, o desenvolvimento de métodos ecológicos de prevenção contra o ataque de pragas nas novas áreas cultivadas, permitirão que estudos neste âmbito sejam iniciados brevemente.

As plantações de soja na região do cerrado, vêm-se expandindo rapidamente no sentido leste-oeste e avançando simultaneamente para as regiões do norte, de baixa latitude. Há grande possibilidade das principais espécies de pragas atacarem a soja nas novas regiões a serem exploradas de maneira análoga as ocorrências observadas nas áreas já desenvolvidas, a exemplo do que foi observadas nas espécies encontradas nos Estados da Bahia, Mato Grosso e região prevista para o PRODECER III. Por outro lado, levando-se em conta as condições climáticas ou a diferença de latitude, é possível que as espécies dominantes ou sua ecologia difiram consideravelmente.

A *Anticarsia gemmatalis*, lepidóptero que ataca as folhas desenvolveu-se de maneira rápida nos Cerrados numa vasta extensão de soja em 1990. Esta espécie foi alvo de vigilância constante no continente norte-americano para se evitar seu aparecimento súbito (Ellson, 1942). Na América do Sul, entretanto, parece que os registros de seu desenvolvimento, bem como a ex-

ECOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO/DANOS: Em março de plicação de sua ecologia, não progrediram muito, Não foi possível se explicar, a luz dos conhecimentos atuais, a origem ou o mecanismo do surto verificado em 1990 na região de Bonfinópolis de Minas-MG que atacou uma extensão de 200 km em linha reta. Muitas lavouras tiveram prejuízos de quase 100% com as folhagem das plantações totalmente comida pelos insetos. Com relação a essa espécie, se faz necessário desenvolver, principalmente, uma forma de previsão de ataque. Quanto às duas espécies de Lepidópteros mundialmente importantes que atacam as vagens, (*Etiella zinckenella* e *Heliothis zea*), ambas não constituíram problema na região do cerrado, o que para a cultura da soja na região é algo extremamente positivo. Contudo, a *E. zinckenella* é conhecida no Estado de Pernambuco como a praga do feijão (Ramalho et alli, 1977), fato que torna necessário o acompanhamento da espécie para verificar se entre os hospedeiros alternativos, a soja é uma opção.

Dos percevejos que atacam a soja na região do cerrado, Kishino (1981) levantou oito espécies, sendo que as seis principais são da família Pentatomidae: *Nezara viridula*, *Euschistus heros*, *Piezodorus guildinii*, *Acrosternum* sp., *Edessa meditabunda* e *Thyanta perditor*, e uma da família Alydidae: *Megalotomus pallescens*, totalizando sete espécies. A exceção do *N. viridula*, todas as outras propagam-se amplamente em todo o Brasil. O percevejo possui natureza polífaga e existem várias espécies que trocam de hospedeiro dentro do seu habitat, trazendo muitos problemas à agricultura. Nas regiões onde se distribue o *N. viridula*, mesmo as áreas isoladas cultivadas, tendem desenvolver essa espécie dentro de poucos anos. Não foi possível esclarecer se esse fenômeno ocorre em função de sobrevôo migratório a curta distância a partir das áreas onde a espécie já se desenvolveu, ou se ocorre pela troca de hospedeiro, de plantas nativas onde já se alimentava para a soja. Além disso, no Estado do Mato Grosso, atualmente a espécie dominante é a *E. heros*, mas como já iniciou a invasão de *N. viridula*, é grande a possibilidade de mudança da espécie dominante.

Espécies de Coleópteros (besouros) também desenvolveram-se e houve locais onde foram constatados fortes danos causados pela ingestão da área foliar em função de algumas das três principais espécies desses insetos, principalmente no Estado do Mato Grosso.

4.2 Ecologia de Desenvolvimento dos Percevejos

Quanto à ecologia de desenvolvimento dos percevejos que atacam a soja, muitos pontos são ignorados. Principalmente no tocante à ecologia no inverno, quase nada é conhecido e não é claro o seu habitat. Assim, para esclarecer sobre o habitat desses percevejos foi realizado, primeiramente, estudo sobre as condições reais de desenvolvimento no outono e inverno, e sobre o desenvolvimento do ovário no inverno. Além disso, quanto à *E. heros*, na qual se observou forma característica de hibernação, estudou-se um pouco mais profundamente o assunto.

- Habitat do principal percevejo (*Nezara viridula*):

O aparecimento de *N. viridula* no Japão, zona temperada, o qual no inverno adquire cor de hibernação marrom avermelhada foi relatado por Kiritani e Hokyo (1970). No Brasil, zona tropical, tal espécie também foi vista com a mesma cor. Levando-se em consideração que os insetos com cor de hibernação aparecem sob condições de dia curto, não aparecendo em dia longo, e a partir da constatação de que submetendo-se o inseto hibernante, que já adquiriu a cor de hibernação, sob condições de dia longo ele retoma sua cor anterior (Tabela 10, Figura 6), acredita-se que tal fenômeno ocorra em função da mudança sazonal do comprimento do dia. Harris et al. (1984) também relataram sobre a mudança de coloração do *N. viridula* em função do comprimento do dia, e Kotaki e Yagi (1977) reportaram sobre a *Plautia stali*, que apresenta alteração de cor sob condições de dia curto, retornando à cor anterior quando submetida a dia longo. O fato de que a *N. viridula* não ovoposita sob condições de dia curto (Tabela 10), levou Kiritani (1963) a afirmar que nessa espécie a pausa reprodutiva ocorre em função da mudança sazonal, com base no relato feito por Ali (1977) afirmando que a diapausa da *N. viridula* com relação à reprodução ocorre em função do comprimento do dia, é possível supor ser grande a probabilidade de ocorrer a pausa reprodutiva também nas regiões tropicais. Na espécie *E. meditabunda* também apareceram indivíduos com cor de hibernação, onde a parte verde colore-se de um tom marrom escuro, mas o mecanismo desse aparecimento não está esclarecido. No período de junho a agosto, quando não havia lavouras de soja sob sequeiro, os principais percevejos manifestaram-se em culturas irrigadas, e haviam espécies com ovário maduro, bem como espécies que ovipositavam. A principal espécie que pôs ovos foi a *T. perditor*. Cujo desen-

volvimento na soja do período de inverno foi pequeno. Ocorreu frequentemente no trigo e feijão irrigados, culturas sucessoras da soja, cultivadas de março a agosto. Esse fato, induz supor que tal espécie tenha um mecanismo de desenvolvimento diferente das outras seis espécies de percevejos. Em outubro, na primavera, é perceptível o desenvolvimento de cada tipo de percevejo em plantas leguminosas nativas, mas na soja a densidade de propagação é extremamente baixa, vindo a elevar-se entre os meses de janeiro e fevereiro, período que coincide com o estágio de formação de vagens e se estende até março/abril, quando ocorre a queda das folhas. Embora as informações sobre a origem da chegada dos percevejos pelo ar no período de formação da vagem da soja sejam muito importantes com relação à prevenção, mas não foi possível esclarecer o fenômeno. Essas informações, devem ser precedidas da caracterização do seu habitat. Também não se conseguiu esclarecer o destino dos percevejos que se reproduzem em grande quantidade na soja e desaparecem juntamente com a queda das folhas da lavoura, exceto o *E. heros*.

- Habitat do *E. heros*:

Na região do Distrito Federal, descobriu-se que o *E. heros* vive na lavoura da soja durante o período entre a formação da vagem e a queda das folhas, mas quando se aproxima a época da colheita da soja, os insetos voam as áreas de denso crescimento de Capim Gordura, onde permanecem no inverno em estado de diapausa reprodutiva (Tabelas 11 e 16). A situação de hibernação ficou esclarecida somente para o *E. heros*. Os insetos que ficam sob as folhas caídas no solo ou nos capins rasteiros, quando se aproxima a época de mudança, transferem-se para o meio do capim Gordura. Às vezes encontram-se insetos copulando sobre o capim denso. Acredita-se que a maioria copula após o vôo migratório e iniciam a postura 10 a 20 dias após. Em janeiro, praticamente não se avistam insetos no hibernáculo. Considerando que é extremamente raro se encontrar insetos na vegetação nativa ou nas culturas de inverno, pode-se concluir que eles passam apenas uma a duas gerações no verão e que o período de diapausa é bem mais longo que o período de atividade. Dentre os insetos coletados em culturas de inverno, a maioria possuía ovários maduros, sendo possível também existirem linhagens sem diapausa.

- Natureza fisiológica do *E. heros*:

O úmero de todos os insetos coletados no hibernáculo (inverno) tinham, ângulo obtuso, os insetos do verão possuíam ângulo agudo e os coletados em março possuíam ambas as formas. Assim, classificou-se em formato de verão os insetos coletados no verão que possuíam úmero agudo, e em formato de inverno os coletados no hibernáculo cujo úmero tinha ângulo obtuso (Figura 10). A partir do fato de que a forma do úmero varia conforme a duração do dia (Tabela 18), pode-se supor que a mudança do úmero do inseto no campo varia de acordo com a mudança sazonal do comprimento do dia. Os insetos com formato de verão e de inverno coletados nos campos em fins de março puseram ovos por um longo período, sob duração de dia natural, enquanto os insetos coletados pouco tempo mais tarde, no início de abril, dos hibernáculos, não puseram ovos em dia de comprimento normal, o que leva a crer que foi provocada uma pausa no seu metabolismo. Dissecando esses insetos, verificou-se a existência de alguns insetos cujo ovário estava em fase não desenvolvida até insetos com ovário em fase de desenvolvimento. No entanto, o ovário dos insetos coletados de maio a agosto não era desenvolvido, donde se infere que a pausa é reversível. Shiga e Moriya (1989) observaram as circunstâncias de crescimento do ovário e de acúmulo de gordura em *Plautia stali*, o mesmo fez Solbreek (1972) em *Lygaeus equestris*, obtendo os mesmos resultados em relação ao *E. heros*.

Para se obter esclarecimentos sobre a diapausa e a época de seu término foi realizada, durante 3 anos, uma experiência utilizando-se insetos hibernantes. Os resultados dessa experiência indicam que o inseto começa a despertar vagarosamente do descanso em novembro, mas os fatores que levam ao término do descanso não ficaram esclarecidos. Experimentalmente a postura dos insetos hibernantes inicia-se 10 a 20 dias após a cópula (Tabelas 14 e 15), mas no campo a soja desse período encontra-se em época de desenvolvimento das plantas, sendo difícil ser objeto de postura. Imagina-se que a postura no campo seja em outras plantas que não a soja, não tendo sido possível, contudo, identificá-las. Submetendo a ninfa a condições de dia curto, não se verifica postura, sendo que sob condições de dia longo a postura é iniciada (Tabela 19). A partir desse fato, supõe-se que o aparecimento de insetos em diapausa, que começa em abril, ocorra tendo como momento oportuno o decréscimo do comprimento do dia no outono. A partir do fato de que o inseto coletado em março põe ovos e que o coletado em abril não o fazem, imagina-se que o limite do comprimento do dia das causas da diapau-

sa seja de aproximadamente 12 horas. Com relação a diapausa dos percevejos nos campos de zona temperada, conforme se vê nas pesquisas de Hodek (1983) e nas informações de Ito (1988), Numata e Hidaka (1984), o comprimento do dia em muitos percevejos é levantado como causa da ocorrência da diapausa ou do seu término, mas é interessante o fato da diapausa dos percevejos nos campos de zona tropical ser ocasionada em função do comprimento do dia.

A alteração do úmero do percevejo em função da estação do ano ou da fotoperiodicidade foi reportada por McPherson (1974) e Yanagi (1980). Constatou-se no *E. heros* que houve mudança do úmero em função da estação do ano. Ficou esclarecido que essa mudança na forma do úmero é causada pelo comprimento do dia (Tabela 18).

Com base nas informações obtidas presume-se o habitat do *E. heros* seja da forma a seguir: o momento que levanta vôo não está claro, mas percebendo o comprimento do dia, ou a chuva, ou ainda a mudança para estação úmida, o inseto que se transferiu para a soja, saído diretamente do hibernáculo ou tenha passado antes por vegetações nativas, passa uma a duas gerações na soja. Ao chegar por volta de março, quando o dia começa a encurtar, é provocada a diapausa, interrompida a postura, e o inseto transfere-se para o hibernáculo onde passa um longo período. Acredita-se ser grande a possibilidade de passar uma geração nas plantas nativas antes de voar para a soja.

4.3 Ecologia de desenvolvimento das espécies de Coleópteros

É sabido que grande parte das espécies de Coleópteros adultos da cultura de soja atacam a folha e que suas larvas atacam a raiz. Na região do cerrado também os danos às folhas causados pelos besouros são motivo de preocupação. Já foram relatados casos em que o ataque foi tão violento que as folhas foram todas comidas, obrigando nova semeadura da cultura. Das espécies de besouros que atacam a soja na região do cerrado, destacam-se principalmente três: *Diabrotica speciosa*, *Cerotoma arcuata* e *Maecolaspis* sp., sendo que a espécie dominante difere conforme a região. O ataque dos besouros começa no início do crescimento da soja e estende-se até a época da queda das folhas, mas é o ataque no início do crescimento que afeta substancialmente a produção. Acredita-se que no caso dos besouros, também, os insetos estavam hospedados em plantas nativas e que, com o surgimento da cultura da soja, passaram a fazer desta seu hospedeiro. Os insetos adultos,

qualquer que seja sua espécie, também são de natureza polífaga, hospedando-se muitas vezes em plantas leguminosas ou não. As larvas vivem no meio da terra e são conhecidos os danos provocados às raízes das culturas. A análise desses danos, entretanto, não tem progredido e ainda existem muitos pontos sobre sua ecologia que continuam obscuros.

Das duas espécies que foram registradas como novas pragas, a *M. calcarifera* era considerada existente apenas no Estado do Mato Grosso, mas entre o material coletado no Estado de Minas Gerais foi descoberta espécimens que acredita-se sejam da mesma espécie. A confirmação da espécie está sendo feita, mas supõe-se que a esfera de distribuição seja bastante extensa, sendo grande a possibilidade de tornar-se uma das principais pragas da soja em várias regiões.

Com relação a larva que atacava as folhas de soja no Estado de Minas Gerais, presume-se que seja um Coleóptero pertencente ao gênero *Chalepus*. O *Chalepus signaticollis* foi registrado no México e América Central como minador de folhas de repolho e espécies de feijão (King e Saunder, 1984), mas não se sabe se são da mesma espécie. Embora seja praticamente desconhecida a sua ecologia, presume-se que se trata de uma espécie recentemente transferida de hospedeiro, oriundo de vegetação nativa e migrando para a soja. No Distrito Federal, de abril a maio, haviam insetos parecidos com essa espécie devorando capim. Não se sabe se essa espécie irá se tornar uma praga da soja, mas faz-se necessária sua definição, juntamente com a elucidação sobre sua ecologia.

5 Agradecimentos

Na realização desta pesquisa, contamos com a colaboração de vários funcionários do CPAC, como o apoio da pesquisadora Dra. Maria Alice S. Oliveira e dos Srs. Antonio H. Barbosa, Jânio F. Silva e Epaminondas de S. Vasconcelos. A todos, expressamos nossos profundos agradecimentos.

6 Referências Bibliográficas

- ALI, M., EWIESO. Photoperiodic and temperature effects on rate of development and diapause in the green stink bug, *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae). **Z. ang. Entomol.** v 84, p.256-264, 1977.
- CORSEUIL, E.; CRUZ, F. Z.; MEYER, L. M. C. **Insetos nocivos á soja no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, UFRGS. Faculdade de Agronomia. 1974. 36p.
- ELLSON, L.O. Notes on the biology and control of the helvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatalis*. **La. Agric. Exp. Sta.** Louisiana Agricultural Experiment Station, n. 35, p.17-22, 1942.
- HARRIS, V. E.; TODD, J. W.; MULLINIX, B. G. Color change as indicator of adult diapause in wild-type and reard south green stink bug, *Nezara viridula*. **Journal Agriculral Entomology.** v 1, n. 1, p.82-91, 1984.
- HODEK, I. Role of environmental factors and endogeneous mechanisms in insects diapauseing as adults. In: BROWN, V.K.; HODEK, I., eds. **Diapause and life cycle strategies in insects.** The Hague: Dr. Junk, 1983. p.9-33.
- ITO, K. Diapause termination in *Cletus punctiger* Dall (Heteroptera: Coreidae) in the field. **Japan Journal of Applied Entomology and Zoology** v. 32, p.63-69, 1988.
- KING, A.B.S.; SAUNDER, J. L. **The invertebrate pests of annual food crops in Central America.** London. Oversea Den. Adomini. 1984. 166p.
- KIRITANI, K.; HOKYO, N. **Ecological studies on the population of the Southern Green Stinkbug, *Nezara viridula* (L.).** Tokyo, [s.n.], 1970. 255p.
- KIRITANI, K. The change reproductive system of the southern green stinkbug, *Nezara viridula*, and its application to forecasting of seasonal history. **Japan Journal of Applied Entomology and Zoology** v. 7, p.327-337, 1963.
- KISHINO, K. Studies on the soybean attacking stink bug in the cerrados. Report of research cooperation project JICA Tokyo, 1981.
- KOBAYASHI, T.; COSENZA, G.W. **Studies of the integrated control of soybean stink bug in the cerrados.** Report of research cooperation

- project (5) JICA. Tokyo p.307-376. 1987.
- KOGAN, M.; TERNIPSEED, S.G. Ecology and management of soybean arthropods. *Ann. Rev. Entomol.* v. 32, p.507-38, 1987.
- KOTAKI, T.; YAGI, S. Relationship between diapause development and coloration change in Brown-Winged Green Bug, *Plautia stali* Scott (*Heteroptera: Pentatomidae*) *Japan Journal of Applied Entomology and Zoology* v. 31, n. 4, p.285-290, 1987.
- McPHERSON, J.E. Photoperiod effects in a southern illinois population of the *Euschistus tristigmus* complex (*Hemiptera: Pentatomidae*). *Annals Entomological Society of America*. v. 67, n. 6, p.943-952, 1974.
- MASSARIOL, A.A.; RAMIRO, Z.A.; CALCAGNOL, G. Insetos observados na cultura da soja no estado de São Paulo. *O Biológico* v. 45, p.83-88, 1979.
- NUMATA, H.; HIDAKA, T. Photoperiodic control of adult diapause in the bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (*Heteroptera: Coreidae*). *Appl. Ent. Zool.* v. 19, p.356-360, 1984.
- RAMALHO, F.S.; MACHADO, R.C.R.; ALBUQUERQUE, M.M. Estudo da relação entre dureza da vagem e resistência a *Etiella zinckenella* Treitschke 1832, em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. v. 6, n. 2, p.238-242, 1977.
- SHIGA, M.; MORIYA, S. Temporal and spatial differences in the conditions of the internal organs of adults of the Brown Winged Greenbug, *Plautia stali* Scott (*Heteroptera: Pentatomidae*). *Bull.Fruit Tree Res. Sta. Ser. A*, v. 16, p.113-168, 1989.
- SOLBREAK, C. Sexual cycle, and changes in feeding activity and fat body size in relation to migration in *Lygaeus equestris* (L) Het. Lygaeidae. *Entomol. Scand*, v. 3, n. 4, p.267-274, 1972.
- YANAGI, T. Studies on the ecological differentiation and diapause of the white-spotted spined bug *Eysarcoris parvus* Uhler (*Hemiptera: Pentatomidae*). *Bull. Agric. Exp. Sta. Nagano*, v. 6, p.42-55, 1980.

UTILIZAÇÃO DE INIMIGOS NATURAIS NO CONTROLE DE INSETOS-PRAGAS DA SOJA NA REGIÃO DOS CERRADOS

Ken-Ichi Kishino¹; Roberto Teixeira Alves²

SUMÁRIO - Este relatório é uma coletânea dos resultados de estudos realizados em quatro anos, de 1988 a 1992, no CPAC, com relação à utilização de inimigos naturais. A seguir, se encontra o resumo dos resultados: efetuou-se levantamentos de vespas parasitando ovos de percevejos e confirmou-se o parasitismo em seis espécies de percevejos por três famílias de vespas parasitas de ovos de percevejos. Dentre estas, a eficiente vespa parasita *Trissolcus basalis* conseguiu parasitar ovos de seis espécies de pentatomídeos, com exceção de *Edessa meditabunda*. Em setembro de 1988, introduziu-se do Japão duas espécies de vespas parasitas de ovos de *Nezara viridula* e *Megalotomous pallescens*. Constatou-se que houve bom nível de parasitismo em ambas as espécies. O inimigo natural introduzido, *Trissolcus mitsukurii* apresentou bom parasitismo em ovos de sete espécies de pentatomídeos, excetuando-se *Piezodorus guildinii*, não apresentando redução do potencial reprodutivo em criações sucessivas por longo período de tempo. Entretanto, a capacidade de preservação não foi satisfatória. O inimigo natural *Gryon japonicum* mostrou ser bom parasita de ovos de *M. pallescens*, mas não apresentou potencial de parasitismo em ovos de pentatomídeos. Há forte influência da temperatura no desenvolvimento do ovo, larva e adulto. A longevidade é da ordem de 40 dias a 25°C e a fêmea põe aproximadamente 60 ovos. Foi boa capacidade de preservação. Apesar de se proceder a criação livre de *M. pallescens* no campo, não houve parasitismo em ovos colocados envoltos por armação telada e não é claro se houve o estabelecimento definitivo de *Gryon japonicum* no campo.

¹ Entomologia, Consultor da EMBRAPA/JICA

² Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

Introdução

Diversos métodos vêm sendo relatados como métodos de controle da população de insetos-praga (Knipling, 1979) e, dentre esses, está o método de controle biológico utilizando inimigos naturais, que têm sido testado para várias pragas. O controle biológico engloba a utilização dos inimigos naturais nativos e a utilização de inimigos naturais introduzidos ou importados. Vários inimigos naturais têm sido testados para pragas da soja (Shepard & Herzog, 1985), porém, acredita-se que a maioria destes ainda não tenha alcançado resultados satisfatórios.

O cultivo da soja ocupa uma vasta área na região do cerrado e com a intensa utilização de inseticidas para controle de pragas, causa problemas nessas áreas, sendo assim, tornou-se necessário o desenvolvimento de um método de controle biológico para fazer parte do Manejo Integrado de Pragas. Diante desse fato, com o objetivo de desenvolver método de controle de percevejo por vespas parasitas de ovos, pensou-se em elucidar as espécies de inimigos naturais existentes e, ao mesmo tempo, introduzir e utilizar vespas parasitas do exterior. Duas espécies de vespas parasitas de ovos foram introduzidas do Japão e estudos foram feitos sobre suas características fisiológicas e método de criação livre para tentar a sua utilização na prática.

Materiais e Métodos

1. Método de estudo de inimigos naturais nativos

Levantamento de ocorrência: Ovos de percevejos encontrados em soja foram coletados em diferentes áreas da região do cerrado; estes foram colocados em frasco de Erlenmeyer de 30 ml, conservados a 25°C com 14 horas de luz diária em incubadora; e após um mês, quando ocorreu a emergência dos adultos (vespa parasita alada), determinou-se as espécies das vespas e a taxa de parasitismo. E também, para elucidar a amplitude de parasitismo de uma espécie de inimigo natural nativo, colocou-se uma linhagem do inimigo natural, criado sucessivamente por longo período de tempo em laboratório, junto com ovos de várias espécies de percevejos colados em papel filtro, permitindo a oviposição e, com isso, investigou-se as condições de parasitismo.

2. Histórico da introdução dos insetos inimigos naturais

As duas espécies de vespas parasitas de ovos de percevejo, introduzidas do Japão para o Brasil, foram provenientes da criação no Laboratório de Biologia de Inimigos Naturais do Instituto Nacional de Pesquisa em Tecnologia Ambiental do Ministério da Agricultura e, estavam completamente isentas de vespas parasitas secundárias. No momento da introdução, a espécie *Trissolcus mitsukurii* (Hymenoptera: Scelionidae) estava parasitando *Nezara antennata* e a *Gryon japonicum* (Hymenoptera: Scelionidae) parasitava *Riptortus clavatus*.

3. Estudo das características fisiológicas de *T. mitsukurii*

Adaptação a *N. viridula*: Transferiu-se os indivíduos da vespa parasita introduzida, que emergiram *T. mitsukurii*, provenientes dos ovos de *N. antennata* num frasco de Erlenmeyer de 200 ml, procedeu-se a sua criação alimentada com mel de abelha e colocou-se uma massa de ovos de *N. viridula* colada em papel-filtro e induziu a oviposição. Após decorrido um mês da oviposição, foi feita uma avaliação das condições de emergência do adulto da vespa parasita.

Amplitude de parasitismo: Os ovos foram colados em papel-filtro, colocados em frasco de Erlenmeyer de 125 ml, forneceu-se mel de abelha e procedeu-se a criação de *T. mitsukurii*.

Comparação do potencial de parasitismo das linhagens introduzidas recentemente e anteriormente: Colou-se uma massa de ovos de *N. viridula*, constituída de 50 ovos em papel-filtro, inseriu-se em um frasco de Erlenmeyer de 125 ml, liberou-se por 24 horas um casal de vespas parasitas dentro desse frasco e, após um mês, avaliou-se as condições de emergência do adulto.

Potencial de reprodução em criações sucessivas: Continuando a criação da geração introduzida, utilizou-se um frasco de Erlenmeyer de 200 ml, induziu-se a oviposição na massa de ovos de *N. viridula* colada em papel filtro, esperou-se pela emergência do adulto, quando se adicionou novamente uma massa de ovos semelhante à anterior procedeu-se a repetição da oviposição-emergência para a avaliação da taxa de parasitismo, emergência e percentagem de fêmeas. Para a taxa de parasitismo, contou-se também aqueles insetos que não conseguiram transformar-se em adulto e sair do ovo.

Estudo da capacidade de preservação: Após a postura de ovos de *N. viridula*, estes foram submetidos à temperatura de 24°C por 2, 4 e 6 dias e

posteriormente, colocados a 8°C por 40 dias e novamente a 24°C, e investigou-se a ocorrência ou não da eclosão de ovos. Para a capacidade de preservação a baixa temperatura de ovos de parasitas, manteve-se os ovos de *N. viridula* a 24°C durante 2, 4 e 6 dias após a postura; induziu-se a oviposição por parte de *T. mitsukurii* em cada tratamento; colocou-os a 8°C por 40 dias e novamente mantendo a 24°C, procedeu-se a avaliação das condições de emergência do adulto da vespa parasita. Para relacionar os dias de preservação com o parasitismo, colocou-se, em um frasco de Erlenmeyer de 125 ml, 3 fêmeas e 2 machos, após submetê-los por um dia ao tratamento a 24°C e 14 horas de luz diária, logo após a emergência do adulto. Colocou-se a massa de ovos (50 ovos) de *N. viridula*, deixou-se por 2 dias para a realização da oviposição, e após transferência para um tubo de 15 x 75 mm, as condições de emergência do adulto da vespa parasita foram investigadas.

4. Estudo das características fisiológicas de *G. japonicum*

Adaptação a *Megalotomus pallescens*: Os parasitas adultos emergidos dos ovos de *Riptortus clavatus* foram transferidos para tubos de ensaio de 18 x 100 mm no experimento I e para frascos de Erlenmeyer de 125 ml, foram alimentados com mel de abelha e os ovos de *M. pallescens* foram colados em papel-filtro e colocados nos respectivos recipientes para se induzir a oviposição. Após feito isso, estes foram mantidos em incubadora a 25°C e 14 horas de luz diária e as condições de parasitismo e emergência foram estudadas.

Gama de hospedeiros: Os parasitas adultos com idade de 1 dia após a emergência foram soltos em frascos de Erlenmeyer de 125 ml, nos quais foram adicionados os ovos de cada espécie de percevejo e permitiu-se a livre oviposição. Após passados um mês sob 25°C e 14 horas de luz diária em incubadora, foram feitos estudos de parasitismo e emergência do adulto.

Idade do ovo e parasitismo: Os ovos de *M. pallescens* foram colados em papel-filtro e após mantidos sob condições de 25°C e 14 horas de luz diária, estes foram colocados junto com uma fêmea de *G. japonicum*, de um dia pós-emergência, por 24 horas em frasco de Erlenmeyer de 125 ml e induziu-se a oviposição. Decorridos cerca de um mês da oviposição em condições de 25°C e 14 horas de luz diária, investigou-se as condições de parasitismo e emergência de adultos. O experimento foi dividido em 3 épocas.

Idade do inseto adulto, oviposição e longevidade: o bloco A, com um casal de parasitas, e o bloco B, com uma fêmea parasita, foram testados. Durante a fase jovem, adicionou-se de 30 ovos diários de *M. pallescens* por

fêmea e, à medida que o tempo foi passando, o número de ovos adicionados foi sendo reduzido até o limite de 5 ovos diários, no período final, e em condições de 24°C e 14 horas de luz diária, induziu-se a oviposição por *G. japonicum*. Os ovos parasitados foram substituídos e registrados todos os dias. Após a oviposição, levantamentos diários das condições de emergência foram feitos sob condições de 25°C e 14 horas de luz diária e, ao mesmo tempo, investigou-se o número de dias decorridos até a morte dos adultos. Os experimentos foram realizados em 10 repetições cada. A quantidade de oviposição diária foi estudada tendo como indicador as condições de parasitismo.

Relação entre temperatura e desenvolvimento de ovos - larva - pupa: Logo após a emergência de fêmeas adultas de *G. japonicum*, estas foram colocadas para ovipositar em ovos de *M. pallescens* sob condições de 24°C e 14 horas de luz diária em posições definidas dentro da incubadora e, investigou-se o número de dias necessários da oviposição até a emergência do adulto.

Potencial reprodutivo em criações sucessivas: Dando continuidade à geração introduzida, esses parasistas foram colocados para ovipositar durante 3-4 dias em ovos de *M. pallescens* colados em papel-filtro e dentro de um frasco de Erlenmeyer de 125 ml e procedeu-se a criação por gerações sucessivas. Ocorrida a oviposição, estes ovos foram mantidos a 25°C e 14 horas de luz diária e estudos de condições de parasitismo e de emergência do adultos foram realizados após um mês.

Capacidade de preservação: 1. Resistência de ovos não parasitados a baixa temperatura: Os ovos recém postos de *M. pallescens*, após mantidos por 2, 4 e 6 dias a 24°C e 14 horas de luz diária, foram colocados a 8°C por 40 dias e novamente transferidos para 24°C e verificado se ocorreu a eclosão. 2. Resistência de ovos do parasita a baixa temperatura: Após induzir a oviposição de *G. japonicum* em ovos de um dia de *M. pallescens* e colocados a 24°C por 2, 4 e 6 dias, estes foram mantidos a 8°C por 40 dias e novamente transferidos para 24°C por 20 dias, esperados até a emergência do adulto e estudadas as condições de parasitismo e emergência. 3. Período de preservação e propriedades de parasitismo: após os ovos de *M. pallescens* terem sido colocados a 8°C em local definido logo após a postura, estes foram colocados em frasco de Erlenmeyer de 125 ml, adicionados 3 fêmeas recém emergidas, e induzidas a oviposição por 2 dias, após o qual esperou-se a emergência das vespas parasitas sob temperatura de 24°C e estudou-se as condições de parasitismo e emergência.

5. Investigação do método de avaliação dos efeitos obtidos

Condições de parasitismo de ovos colocados em campo: 20 de *M. pallescens* foram colados com cola sintética em papel filtro cortado estreito e este, por sua vez, foi fixado em folha de soja em fase final de enchimento dos grãos por grampeador ou, em outro caso, foi colocado dentro de um cilindro telado com orifícios de 1 mm, diâmetro de 100 mm e comprimento de 100 mm. Passado 7 dias, os ovos foram recolhidos e mantidos em condições de laboratório e estudadas as condições de parasitismo dos ovos pelas vespas.

Parasitismo de ovos colocados em campo com armação telada: 20 ovos de *M. pallescens* foram colados em papel-filtro e envoltos por cilindro de tela sintética de orifício de 1 mm, diâmetro de 10 cm e comprimento de 2 cm. Estes foram colocados em campo de soja e, após decorrido 7 dias, foram coletados e investigadas as condições de parasitismo.

Laboratório: 20 ovos de *M. pallescens* foram colados em papel-filtro e colocados em armação telada, esta que por sua vez foi pendurada dentro de uma gaiola plástica para criação de insetos de dimensões de 25 x 25 cm, após o que 5 fêmeas de 1 dia pós-emergência de *G. japonicum* foram introduzidas e permitida a oviposição. Os ovos dos hospedeiro foram coletados após 24 horas, mantidos em temperatura ambiente e investigados as condições de emergência de adultos.

Experimento de criação livre em campo: (A) Em condições de 25°C e 14 horas de luz diária, insetos criados por sucessivas gerações em ovos de *M. pallescens* foram soltos em campo de soja de 2 ha. Ao mesmo tempo, ovos de *M. pallescens* colocados em armação de tela foram instalados em 14 pontos diferentes e investigadas as condições de parasitismo de acordo com a distância dos pontos.

Resultados

1. Espécies e gama de hospedeiros de vespas nativas parasitas de ovos

Investigações e experimentos foram realizados para a determinação de espécies de vespas parasitas de ovos de percevejo pragas de soja da região do cerrado e da amplitude de parasitismo de uma espécie de vespa parasita de grande eficiência.

A Tabela 1 mostra as espécies de vespas parasitas emergidas de ovos de percevejo coletados no campo e seus hospedeiros.

Nas Tabelas 2 e 3., os resultados mostram os percevejos que as diferentes vespas parasitas de ovos atacam e vice-versa.

TABELA 1 - Vespas nativas parasitas de ovos de percevejos coletadas no campo.

Local de coleta	Data	Planta hospedeira	Percevejo hospedeiro	Nº de coletas	% parasitada	Vespa parasita
CPAC (DF)	06/Set/88	trigo	<i>Acrosternum</i> sp.	13	100	<i>T. scuticarinatus</i>
	31/Jan/89	soja	<i>P. guildinii</i>	18	55.6	<i>Telenomus</i> sp.
	01/Fev/89	soja	<i>Acrosternum</i> sp.	15	73.3	<i>Telenomus</i> sp.
	10/Fev/89	soja	<i>P. guildinii</i>	10	0	--
	22/Fev/89	soja	<i>E. heros</i>	16	0	--
	22/Fev/89	soja	<i>N. viridula</i>	101	5.9	<i>T. mormideae</i>
	21/Mar/89	soja	<i>P. guildinii</i>	114	64.9	<i>T. mormideae</i> <i>T. scuticarinatus</i> <i>T. basalis</i>
PADDF (DF)	14/Set/88	ervilha	<i>Acrosternum</i> sp.	12	100	<i>T. basalis</i>
			<i>N. viridula</i>	307	75.9	<i>T. basalis</i> <i>T. scuticarinatus</i> <i>Neorileya</i> sp.
	21/Set/88	feijão	<i>E. meditabunda</i>	40	42.5	<i>Telenomus</i> sp.
			<i>M. pallescens</i>	13	0	
		ervilha	<i>T. perditor</i>	183	5.5	<i>T. basalis</i>
				288	2.1	<i>Anastatus</i> sp.
			<i>Acrosternum</i> sp.	112	3.5	<i>T. basalis</i>
				112	28.5	<i>T. scuticarinatus</i>
	03/Out/88	milho	<i>Acrosternum</i> sp.	76	25.0	<i>T. basalis</i>
				76	32.1	<i>T. scuticarinatus</i>
	19/Out/88	feijão	<i>N. viridula</i>	501	18.4	<i>Telenomus</i> sp.
				297	2.4	<i>T. basalis</i>
		soja	<i>N. viridula</i>	297	28.6	<i>Anastatus</i> sp.
				49	0.7	<i>T. basalis</i>
			<i>Acrosternum</i> sp.	49	0.7	<i>T. scuticarinatus</i>
				49	0.7	<i>Anastatus</i> sp.
	11/Nov/88	milho	<i>T. perditor</i>	13	32.7	<i>T. basalis</i>
				14	49.0	
				14	0	
	14/Nov/88	milho	<i>N. viridula</i>	265	2.3	<i>Anastatus</i> sp.
209				4.9	<i>T. basalis</i>	
103				28.7	<i>T. scuticarinatus</i>	
01/Dez/88	soja	<i>N. viridula</i>	154	26.3	<i>T. basalis</i>	
			12	14.6	<i>T. mormideae</i>	
17/Jan/89	feijão	<i>P. guildinii</i>	27	50.0	<i>T. basalis</i>	
			27	0		
09/Mar/89	soja	<i>Acrosternum</i> sp.	17	100	<i>T. basalis</i>	
			18	0	<i>T. mormidia</i>	
Barreiras (BA)	16/Mar/89	feijão silvestre	<i>N. viridula</i>	18	0	
			<i>E. heros</i>	114	0	
			<i>E. heros</i>	4	50.0	<i>T. mormidia</i>
			<i>Acrosternum</i> sp.	14	64.3	<i>T. scuticarinatus</i>
			<i>Acrosternum</i> sp.	27	14.8	<i>T. scuticarinatus</i>
					25.9	<i>Neorileya</i> sp.

TABELA 2 - Abrangência do hospedeiro da vespa parasita dos ovos de percevejo.

Vespa parasita de ovo	Inseto hospedeiro
Scelionidae	<i>Nezara viridula</i>
<i>Trissolcus basalis</i>	<i>Piezodorus guildinii</i> <i>Acrosternum</i> sp. <i>Thyanta perditor</i>
<i>Trissolcus scuticarinatus</i>	<i>Nezara viridula</i> <i>Piezodorus guildinii</i> <i>Acrosternum</i> sp. <i>Thyanta perditor</i>
<i>Telenomus mormideae</i>	<i>Nezara viridula</i> <i>Piezodorus guildinii</i> <i>Euschistus heros</i>
<i>Telenomus</i> sp.	<i>Piezodorus guildinii</i> <i>Edessa meditabunda</i>
Eupelmidae	<i>Nezara viridula</i>
<i>Anastatus</i> sp.	<i>Thyanta perditor</i>
Eurytomidae	<i>Nezara viridula</i>
<i>Neorileya</i> sp.	<i>Acrosternum</i> sp.

TABELA 3 - Vespas parasitas de ovos de percevejos coletadas no campo.

Inseto hospedeiro	Vespa parasita de ovos
<i>Nezara viridula</i>	<i>Telenomus mormideae</i> <i>Trissolcus basalis</i> <i>Trissolcus scuticarinatus</i> <i>Neorileya</i> sp. <i>Anastatus</i> sp.
<i>Piezodorus guildinii</i>	<i>Telenomus mormideae</i> <i>Telenomus</i> sp. <i>Trissolcus scuticarinatus</i> <i>Trissolcus basalis</i>
<i>Euschistus heros</i>	<i>Telenomus mormideae</i>
<i>Acrosternum</i> sp.	<i>Trissolcus basalis</i> <i>Trissolcus scuticarinatus</i> <i>Neorileya</i> sp.
<i>Edessa meditabunda</i>	<i>Telenomus</i> sp.
<i>Thyanta perditor</i>	<i>Trissolcus basalis</i> <i>Trissolcus scuticarinatus</i> <i>Anastatus</i> sp.

De 6 espécies de percevejos da família Pentatomidae, emergiram 6 espécies de vespas parasitas. A percentagem de parasitismo apresentou variação de acordo com a época da coleta, porém nenhuma tendência de parasitismo de uma espécie em especial foi observada. Verificou-se, entretanto, a alta e freqüente atividade de *Trissolcus basalis* e *T. scuticarinatus* na época do verão.

Em seguida, pesquisou-se sob condições de laboratório, para conhecer a amplitude de parasitismo de *T. basalis*, vespa parasita de ovos de grande eficiência existindo de maneira mais generalizada dentre os inimigos naturais nativos. Os resultados estão na Tabela 4.

TABELA 4 - Amplitude de parasitismo de *Trissolcus basalis*.

Inseto hospedeiro	Vespa parasita			Potencial de parasitismo
	Nº ovos testados	% parasitismo	% emergência de adultos	
Pentatomidae				
<i>Nezara viridula</i>	90	72.2	—	Φ
<i>Piezodorus guildinii</i>				Φ
<i>Euschistus heros</i>	75	46.7	—	Φ
<i>Thyanta perditor</i>	8			Φ
<i>Acrosternum sp.</i>	80	75.0	—	Φ
<i>Edessa meditabunda</i>	100	0	—	x
Alydidae				
<i>Megalotomus pallescens</i>	267	48.3	95.3	Φ

Φ Bom potencial

x Sem potencial

Pela Tabela 4, constata-se que *T. basalis* parasita os ovos da grande maioria dos percevejos da família Pentatomidae, excetuando *Edessa meditabunda*, e na família Alydidae, *Megalotomus pallescens*.

2. Características fisiológicas dos inimigos naturais introduzidos

2.1 Capacidade de parasitismo dos inimigos naturais por ocasião da introdução

A Tabela 5 mostra as condições de parasitismo das duas espécies de inimigos naturais importadas do Japão, por ocasião da introdução.

TABELA 5 - Condições dos inimigos naturais quando por ocasião da introdução.

Identificação do inimigo natural introduzido	Inseto hospedeiro	Vespa parasita				
		Nº ovos do hospedeiro	Nº de emergência de adultos	% parasitismo	% emergência de adultos	% fêmeas
<i>Trissolcus</i>	<i>Nezara</i>	418	118	88.3	28.2	—
<i>mitsukurii</i>	<i>antennata</i>					
<i>Gryon</i>	<i>Riptortus</i>	290	79	29.7	27.0	77.2
<i>japonicum</i>	<i>clavatus</i>					

Pela mesma Tabela compreende-se que na introdução a espécie *Trissolcus mitsukurii* apresentou alta taxa de parasitismo, porém baixa taxa de emergência do adulto, já *Gryon japonicum* igualmente baixas taxas de parasitismo e emergência.

2.2 *Trissolcus mitsukurii* Ashmead

2.2.1 Adaptação a *N. viridula*

A Tabela 6 mostra o resultado dos estudos do potencial de parasitismo frente a ovos da espécie *N. viridula*, já que o hospedeiro do inimigo natural introduzido era *N. antennata*.

TABELA 6 - Potencial de parasitismo de *Trissolcus mitsukurii* em *Nezara viridula* logo após a introdução.

Data da postura	Ovo hospedeiro			Vespa parasita		
	massa de ovos	nº de ovos	% eclosão de ovos	% parasitismo	nº emergência de adultos	% fêmeas
9/Set	1	80	47.5	11.3	55.9	40.0
15-19/Set	2	183	0	57.4	88.6	59.1
19-20/Set	2	123	29.3	30.9	73.7	—
23-26/Set	6	296	29.3	50.7	94.7	38.3
27-29/Set	3	126	25.4	40.5	81.4	26.8

% parasitismo: Nº de ovos parasitados / Nº de ovos testados

% eclosão de adultos: Nº de adultos de vespa parasita eclodida / Nº de ovos parasitados

% fêmea: Nº de vespas parasitas fêmeas / Nº total de vespas parasitas emergidas

Ao se efetuar o fornecimento de 14 massas de ovos de *N. viridula* no decorrer de 5 vezes, a percentagem de parasitismo também das vespas parasitas oriundas da primeira emergência foi baixa e a percentagem de parasitismo das vespas emergidas posteriormente não foi muito alta. No entanto, com potencial de parasitismo eficiente, e também apresentando da emergência de adultos, cuja percentagem de fêmeas foi alta.

2.2.2 Gama de hospedeiros

Obteve-se os resultados, apresentados na Tabela 7, com a realização de experimentos de parasitismo utilizando-se os ovos provenientes de adultos coletados do campo, com a finalidade de elucidar a amplitude de parasitismo de *T. mitsukurii*.

TABELA 7 - Potencial de parasitismo de *Trissolcus mitsukurii* em relação a insetos nativos do Brasil.

Inseto hospedeiro	Nº de insetos testados	% emergência de adultos	Potencial de parasitismo
Pentatomidae			
<i>Nezara viridula</i>	70	57.1	Φ
<i>Piezodorus guildinii</i>			Φ*
<i>Euschistus heros</i>	75	80.0	Φ
<i>Thyanta perditor</i>			Φ
<i>Acrosternum sp.</i>	90	72.2	Φ
<i>Edessa mediatubunda</i>	100	50.0	Φ
Alydidae			
<i>Megalotomus pallescens</i>			x

Φ* Baixa emergência de indivíduos

Φ Bom potencial de parasitismo

x Sem potencial de parasitismo

T. mitsukurii pode parasitar ovos de 7 espécies de percevejos e, excetuando-se *P. guildinii*, é muito boa a emergência de adultos das demais seis espécies. Constatou-se também que não é possível parasitar os ovos de família Alydidae.

2.2.3 Comparação do potencial de parasitismo das espécies de introdução recente e antiga

A espécie mantida sob criação, após introdução do Japão em 1983 (Kobayashi, 1987) para a avaliação do potencial de parasitismo de espécies de percevejos, foi comparada com o potencial de parasitismo de espécie de introdução nova. Os resultados encontram-se na Tabela 8.

TABELA 8 - Comparação do potencial de parasitismo de *Trissolcus mitsukurii* introdução antiga e nova.

Experi- mento	Espécie introduzida	Ano da introdução	Hospedeiro			Vespa parasita		
			Massa de ovos	Nº de ovos	% eclosão de ovos	% parasi- tismo	% emergência de adulto	% fêmea
I	<i>T. mitsukurii</i> Introdução antiga	1983	5	250	22.2	27.2	21.6	—
	<i>T. mitsukurii</i> Introdução nova	1988	5	250	18.8	16.4	0.4	—
II	<i>T. mitsukurii</i> Introdução antiga	1983	5	253	19.0	64.4	57.3	93.1
	<i>T. mitsukurii</i> Introdução nova	1988	5	250	14.4	74.8	66.8	94.0

No experimento I as percentagens de parasitismo foram baixas, mas no experimento II apresentaram alta percentagem de parasitismo e não foi constatada diferença entre as espécies de introdução recente e aquelas de criação e manutenção por longo período de tempo em laboratório.

2.2.4 Potencial reprodutivo em criações sucessivas

Para esclarecer os pontos problemáticos na criação sucessiva de uma espécie, recém introduzida, por um longo período de tempo, estudou-se o potencial reprodutivo em uma sucessão de 20 gerações.

De acordo com a Tabela 9 e analisando as condições de parasitismo em cada geração, observa-se que tanto a percentagem de parasitismo como a percentagem de emergência dos adultos, dependendo da geração, não mostra-

ram uma tendência definida e, no geral, mantêm uma alta taxa de parasitismo. A percentagem de fêmeas apresenta às vezes alterações, porém média superior a 50%, exibindo um maior número de fêmeas.

TABELA 9 - Características reprodutivas de criações sucessivas de *Trissolcus mitsukurii*.

Geração	Hospedeiro		Vespa parasita		
	nº de ovos	% eclosão de ovos	% parasitismo	% emergência de adultos	% fêmeas
1	330	17.9	76.7	80.1	62.7
2	327	19.9	32.5	—	37.4
3	252	51.6	19.4	—	56.5
4	331	18.1	34.4	92.1	30.6
5	561	13.7	53.1	84.9	77.2
6	1048	6.8	59.4	91.8	52.5
7	223	6.3	49.8	57.7	48.8
8	255	3.5	83.5	94.8	52.7
9	226	3.1	89.4	92.6	56.9
10	245	0	87.8	94.0	58.9
12	154	4.5	67.5	85.6	59.6
14	420	12.1	57.1	91.3	57.5
16	310	0	58.2	82.6	33.6
18	164	1.8	80.5	100	63.6
20	183	10.4	51.2	90.2	49.5

2.2.5 Capacidade de preservação

Pelo fato da grande adaptabilidade da espécie *T. mitsukurii* recém introduzida em *N. viridula*, como preparativo para criação experimental, realizou-se três experimentos relacionados com a capacidade de preservação.

I. Capacidade de preservação de ovos não parasitados por inimigos naturais a baixa temperatura. A resistência a baixa temperatura desses ovos está apresentada na Tabela 10. Os ovos de *N. viridula* não parasitados mostraram maior percentagem de eclosão quanto mais dias transcorriam após a postura, deduzindo-se que esses ovos possuem resistência a baixa temperatura.

TABELA 10 - Resistência de ovos de *Nezara viridula*, não parasitados por vespa, a baixa temperatura.

Dias após a postura de ovos	Nº de massa de ovos	Nº de ovos	% emergência de adultos
2	7	323	0
4	6	303	37.0
6	7	299	61.2

II. Capacidade de preservação de ovos parasitados: Os resultados da pesquisa referente à capacidade de preservação de ovos parasitados por vespas a baixa temperatura estão descritos na Tabela 11.

TABELA 11 - Resistência de ovos de *Nezara viridula*, parasitados por vespa, a baixa temperatura(8°C).

Blocos do experimento	Dias após a postura de ovos	Hospedeiro			Vespa parasita		
		Nº de massa de ovos	Nº de ovos	% eclosão de ovos	% parasitismo	% emergência de adultos	% fêmeas
I	2	3	152	0	6.6	0	—
	4	3	152	0	0	0	—
	6	3	150	0	0	0	—
II	2	3	151	0	0.6	0	—
	4	3	152	0	0	0	—
	6	3	148	0	1.4	0	—

A Tabela 11 mostra que não houve qualquer emergência de adultos da vespa parasita, sendo todos eles mortos durante o processo de armazenamento. E também, a taxa de parasitismo em ovos não foi muito alta.

III. Número de dias de preservação e capacidade de parasitismo de ovos: Após a preservação de ovos não parasitados em baixa temperatura, investigou-se a capacidade de parasitismo nesses ovos. Os resultados obtidos estão na Tabela 12.

TABELA 12 - Número de dias de armazenamento (8°C) de ovos de *Nezara viridula* e potencial de parasitismo de *Trissolcus mitsukurii*.

Nº de dias de armazenamento	Nº de ovos	Hospedeiro			Vespa parasita			
		% eclosão de ovos	Orifício de saída	♂	♀	Não emergida	Total	% parasitismo
20	150	0	90	23	67	35	125	83.3
30	151	0	51	14	37	64	115	76.2
40	148	0	37	9	28	78	115	77.7
50	149	0	35	11	24	44	79	53.0
60	149	0	11	3	8	16	27	18.1
70	150	0	0	0	0	6	6	4.0
80	150	0	5	1	4	5	10	6.7
100	150	0	0	0	0	2	2	1.3

Pela Tabela 12, à medida que o período de armazenamento sob baixa temperatura aumenta, a taxa de parasitismo reduz proporcionalmente. E é baixo o número de vespas parasitas eclodidas em todos os tratamentos.

2.3 *Gryon japonicum* (Ashmead)

2.3.1 Adaptação a *Megalotomus pallescens*

A Tabela 13 apresenta os resultados obtidos das investigações realizadas em relação ao potencial de parasitismo de ovos da espécie *M. pallescens*, já que o hospedeiro do inimigo natural introduzido era de outra espécie.

TABELA 13 - Parasitismo de *Gryon japonicum* em ovos de *Megalotomus pallescens*.

Nº do experimento	Nº de pais		Hospedeiro		Vespa parasita		
	♂	♀	Nº de ovos	% eclosão de ovos	% parasitismo	% emergência de adulto	% fêmea
I-1	1	5	261	75.9	16.1	100	61.9
I-2	1	2	211	57.3	26.5	100	73.2
I-3	1	2	241	82.1	0.8	100	0
I-4	2	3	212	76.4	14.2	100	80.0
II-1	10	16	198	40.4	46.0	10.0	72.5
II-2	2	12	192	41.7	48.4	96.9	66.7

Período de postura do experimento I: 23/09/88 - 06/10/88 (13 dias)

Período de postura do experimento II: 30/09/88 - 11/10/88 (11 dias)

De acordo com os resultados da Tabela 13, experimento I, a taxa de parasitismo não é muito alta e no bloco I-3 apresenta-se extremamente baixa. Entretanto, a taxa de emergência de adultos foi de 100%, não havendo nenhum caso de morte durante o processo de desenvolvimento. A percentagem de fêmeas dos adultos emergidos foi superior a 50%, em todos os blocos, exceto no I-3.

Os resultados do experimento II indicaram uma taxa de parasitismo superior se comparados com o experimento I. A taxa de emergência de adultos no bloco II-2 foi ligeiramente inferior. Os valores da percentagem de fêmeas emergidas são semelhantes e verificou-se que *G. japonicum* tem um potencial de parasitismo considerável para *M. pallescens*.

2.3.2 Gama de hospedeiros

Realizou-se experimentos de parasitismo em ovos de várias espécies da família Pentatomidae para se determinar a gama de hospedeiros de *G. japonicum*. Os resultados estão na Tabela 14.

TABELA 14 - Amplitude de parasitismo de *Gryon japonicum*.

Espécie	Hospedeiro		Vespa parasita		
	Nº de ovos	% eclosão de ovos	% parasitismo	% emergência de adultos	% fêmeas
Pentatomidae					
<i>Nezara viridula</i>	68	60.3	0	—	—
<i>Piezodorus guildinii</i>	53	79.2	0	—	—
<i>Edessa meditabunda</i>	55	76.4	0	—	—
<i>Euschistus heros</i>	38	94.7	0	—	—
<i>Acrosternum</i> sp.	15	100	0	—	—
<i>Thyanta perditor</i>	63	93.7	0	—	—

Por esta Tabela observa-se que em ovos de todas as espécies ocorre a eclosão de ninfas de percevejos, mostrando o valor zero na taxa de parasitismo em todas essas espécies, evidenciando a inexistência de potencial de parasitismo para ovos dos pentatomídeos.

2.3.3 Idade dos ovos do hospedeiro e percentagem de emergência do adulto de *Gryon japonicum*

A Tabela 15 mostra os resultados de experimento realizado para esclarecer as relações entre a idade dos ovos de *M. pallescens* e a percentagem de emergência de adultos de *G. japonicum*.

TABELA 15 - Idade em dias de ovos de *Megalotomus pallescens* e percentagem de emergência de *Gryon japonicum*.

Idade em dias do ovo do hospedeiro	% emergência do adulto da vespa parasita				
	I	II	III	IV	V
1	30.0	35.0	0	33.3	90.0
2	0	20.0	55.0	42.9	70.0
3	45.0	35.0	0	52.6	90.0
4	20.0	25.0	5.0	58.8	100
5	0	25.0	5.0	65.0	80.0
6	—	—	—	55.0	50.0
7	—	—	—	—	60.0

—: Eclosão do ovo do hospedeiro

Período do experimento: I e II - 10/88; III e IV - 11/88; V - 01/89

Cada bloco de ovos testado era constituído de 50 ovos, permitindo 24 horas de postura para 3 fêmeas

Condições do experimento: 27°C, iluminação natural

Pela Tabela 15, verifica-se que a taxa de emergência de adultos no experimento I é baixa, o experimento II mostrou um pequeno aumento nessa taxa, demonstrando que quase não há diferença entre as taxas de emergência de adultos de acordo com a idade de 5 dias do ovo do hospedeiro.

2.3.4 Idade do adulto da vespa parasita, oviposição e longevidade

A Tabela 16 e Figuras 1 e 2 apresentam os resultados de experimentos realizados para elucidar a relação entre a idade da fêmea adulta da vespa parasita e a oviposição.

TABELA 16 - Idade em dias, postura de ovos e longevidade do inseto adulto de *Gryon japonicum*.

Bloco	N° de pais		ovos testados	Vespa parasitada				N° de ovos postos	
	♂	♀		% parasitismo	% emergência de adultos	% fêmeas	longevidade (dias)		período da postura (dias)
A	1	1	3092	19.4	88.8	58.0	37.1	27.7	60.0
B	0	1	2990	18.6	84.7	60.5	37.7	23.6	55.5

Fotoperíodo/temperatura: 14L-10E, 24°C
Foram testados 10 insetos por bloco

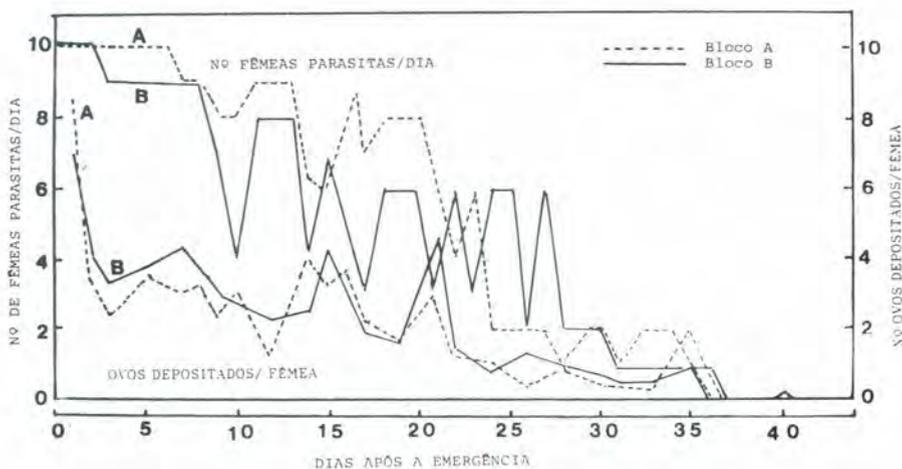


FIG. 1 - Relação entre ovos depositados e dias após a emergência do adulto de *Gryon japonicum*.

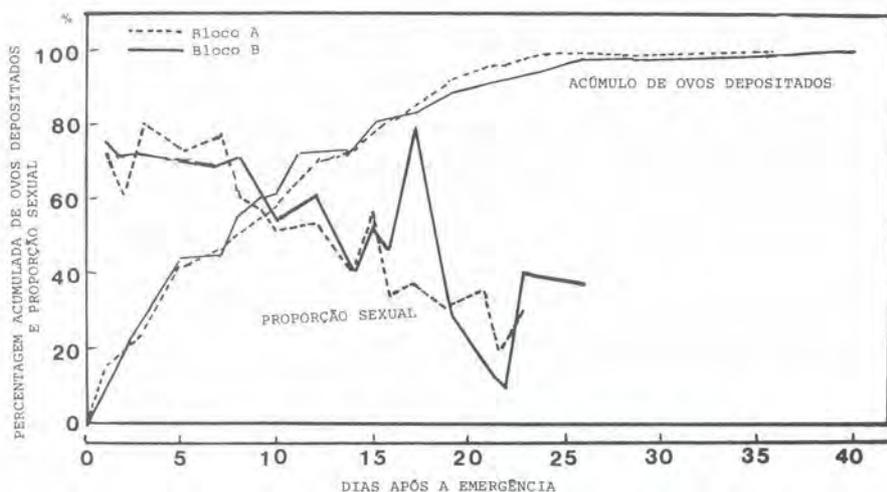


FIG. 2 - Acúmulo de ovos depositados e proporção sexual.

A Tabela 16 expressa as taxas de parasitismo, de emergência e o período de oviposição e a longevidade do adulto dos blocos A e B. O inseto adulto vive aproximadamente 37 dias e a oviposição é da ordem de dois terços desse período, com a média de 55-60 ovos por fêmea. A taxa de parasitismo foi inferior a 20%, não se mostrando alta. Porém, houve a emergência aproximada de adultos de 85%. A percentagem de emergência de fêmeas foi de cerca de 60%, verificando-se portanto, um número maior de fêmeas.

Em seguida, ao se analisar a Figura 1, que apresenta o processo de oviposição e longevidade, verifica-se que o número de fêmeas em oviposição reduz-se gradativamente e também o número de ovos postos diariamente. Pela Figura 2, que exhibe a curva de acúmulo de ovos e distribuição sexual (percentagem de fêmeas) dos insetos emergidos, as alterações na tendência de oviposição e distribuição sexual dos blocos A e B que são muito semelhantes, sendo que 50% do período de oviposição concentra-se em cerca de 7

dias e 75% em 14 dias. A medida que o tempo pós-emergência foi passando, a oviposição foi sendo reduzida, e na fase inicial, após a emergência, ocorre um nascimento maior de fêmeas, e esta que vai se reduzindo continuamente.

2.3.5 Relação entre temperatura e desenvolvimento de ovo-larva-pupa

Com intuito de elucidar a relação existente entre temperatura e desenvolvimento no período de ovo-larva-pupa, estudou-se o número de dias desde a postura até a emergência do adulto.

Os resultados encontram-se na Tabela 17 e Figura 3.

TABELA 17 - Período para desenvolvimento de *Gryon japonicum* desde a postura até a emergência do adulto.

Temperatura (°C)	Nº de ovos testados	Vespa parasita			sexo	Duração média (dias)		
		% parasitismo	% emergência de adulto	% fêmeas		mínimo	máximo	media
20	148	25.7	94.6	62.2	♂	23	26	24.4 - 0.76
						25	28	26.1 - 0.84
24	153	42.6	100	55.5	♂	16	17	16.6 - 0.50
						17	20	18.1 - 0.88
25	144	52.1	94.9	62.9	♂	14	16	15.3 - 0.54
						16	18	16.4 - 0.75
30	147	38.8	98.2	67.1	♀	10	13	11.0 - 0.86
						11	14	12.2 - 0.84

14 horas de iluminação diária

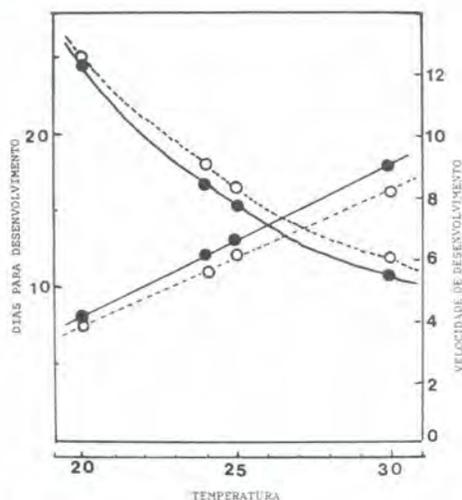


FIG. 3 - Relação entre temperatura e desenvolvimento da vespa *Gryon japonicum*.

Pela Tabela 17, a taxa de parasitismo nos ovos testados não foi muito alta, porém a taxa de emergência do adulto se mostrou alta, verificando-se que a maioria dos indivíduos chegaram até a fase adulta. E também, a porcentagem de emergência de fêmeas apresentou valores altos, acima de 55%. O período de ovo-larva-pupa, dentro da amplitude de 20-30°C, mostrou-se longo a baixas temperaturas e curto a altas temperaturas. Outrossim, para as fêmeas, foi mais longo que para os machos.

Em seguida, a Figura 3, onde se vê graficamente a relação entre temperatura e o período de ovo-larva-pupa, demonstra que a equação de velocidade de desenvolvimento assume distribuição linear.

2.3.6 Potencial reprodutivo em criação sucessiva

Investigou-se a ocorrência de redução do potencial reprodutivo em caso de continuada criação por longo período de tempo em laboratório. Os resultados estão na Tabela 18.

TABELA 18 - Fecundidade de *Gryon japonicum* em gerações sucessivas.

Geração	Hospedeiro		Vespa parasita		
	Nº de ovos	% eclosão de ovos	% parasitismo	% emergência de adultos	% fêmeas
1	313	43.8	52.1	97.5	59.5
2	715	24.8	59.4	83.5	75.5
3	634	18.0	73.7	84.4	61.2
4	1957	1.5	76.8	83.0	69.9
5	1783	1.8	78.1	78.2	71.2
6	640	2.0	62.2	84.4	66.4
7	511	0	67.7	82.7	70.3
8	333	0	66.7	87.8	74.9
9	406	0.5	51.7	81.4	63.7
10	468	0.2	68.6	78.5	67.1
12	549	0	81.2	71.7	71.1
14	753	0.1	57.5	74.1	68.8
16	393	0.8	68.7	87.8	72.2
18	329	2.7	67.5	72.5	69.6
20	398	4.5	47.0	79.1	62.8

Ao se analisar as condições de parasitismo de cada geração, vê-se que há pequena alteração na taxa de parasitismo, sendo todas elas altas e sem qualquer tendência definida em especial. Em todas as gerações, os valores da taxa de emergência de adultos e porcentagem de fêmeas são altos, não se observando redução do potencial reprodutivo pela criação sucessiva.

2.3.7 Capacidade de preservação

Constatou-se que a espécie introduzida do Japão tem boa adaptação a ovos de *M. pallescens* com estabilidade da taxa reprodutiva. Dessa forma, estudou-se a capacidade de preservação da vespa parasita como preparativo para a criação livre experimental e também em grande escala.

I. Resistência de ovos de *M. pallescens* a baixa temperatura (8°C): Os resultados encontram-se na Tabela 19.

TABELA 19 - Resistência de ovos de *Megalotomus pallescens* a baixa temperatura (8°C).

Nº de dias após a postura	Nº de ovos testados	% eclosão de ovos
2	153	1.3
4	150	0
6	152	0.7

O número de ninfas eclodidas dos ovos de *M. pallescens* foi bastante reduzido, sem qualquer relação com os ovos da vespa parasita.

II. Resistência de ovos de *G. japonicum* a baixa temperatura (8°C): Os resultados estão apresentados na Tabela 20.

TABELA 20 - Resistência de ovos de *Gryon japonicum* a baixa temperatura (8°C).

Experimento	Nº de dias após a postura	Hospedeiro		Vespa parasita		
		Nº de ovos	% eclosão de ovos	% parasitismo	% emergência de adultos	% fêmeas
I	2	142	0	35.2	42.0	76.2
	4	141	0	51.7	36.8	85.7
	6	138	0	23.2	18.8	66.7
II	2	150	0	18.8	10.0	100
	4	145	0	0	—	—
	6	146	0	0	—	—

Houve grande diferença entre os experimentos I e II. No experimento I foi possível a manutenção da taxa de parasitismo até certo ponto, porém no experimento II, a taxa foi baixa. Ao se observar a percentagem de emergência de adultos parasitas, quanto maior o tempo decorrido após a postura maior foi a redução.

III. Período de preservação de ovos do hospedeiro e capacidade de parasitismo: A Tabela 21 apresenta os resultados obtidos.

TABELA 21 - Possibilidade de preservação a baixa temperatura de ovos de *Megatolomus pallescens* e porcentagem de parasitismo por *Gryon japonicum* após o armazenamento.

Nº de dias armazenamento	Hospedeiro		Vespa parasita		
	Nº de ovos	% eclosão de ovos	%Parasitismo	% emergência de adultos	% fêmeas
20	101	0	58.4	57.6	67.6
30	152	0	50.0	71.1	75.9
40	156	0	64.7	69.3	78.6
50	152	0	33.6	49.0	80.0
60	152	0	33.6	52.9	81.4
70	149	0	11.4	47.1	87.5
80	147	0	3.4	40.0	100
100	150	0	0	0	--

Pela Tabela 21, quanto mais longo o período decorrido sob tratamento a baixa temperatura após a postura, menor é a taxa de parasitismo. Houve uma redução drástica com período superior a 80 dias. Em relação à taxa de emergência de adultos, houve tendência de redução à medida que se aumentava o período de tratamento a baixa temperatura, porém mesmo em ovos deixados a baixa temperatura por longo período de tempo não houve grande influência na emergência do adulto propriamente dito.

2.3.8 Estudo do método de avaliação da eficiência de *Gryon japonicum*

Para estudo da eficiência das vespas inimigas naturais, existe um método para investigar as condições de parasitismo em ovos colocados artificialmente no campo, e também em ovos postos naturalmente no meio ambiente pela praga em objeto de estudo. No entanto, no caso de *M. pallescens*, hospedeiro de *G. japonicum*, há dificuldade na visualização, pois em posturas no campo, o nascimento é individual. Em comparação, em ovos colocados artificialmente, a investigação é facilitada. Porém, devido ao frequente ataque de insetos predadores, torna-se necessário uma proteção dos ovos. Considerando a possibilidade das medidas de proteção contra predadores dos ovos tornarem-se prejudiciais à ocorrência de parasitismo natural pelas vespas, estudou-se os métodos de avaliação da eficiência dessa situação.

I. Condições de predação de ovos colocados no campo: Os ovos colocados no campo, como mostra a Tabela 22, apresentaram alta taxa de ataque de predadores sem armação telada, porém com a tela não houve nenhum ataque de predadores mas também não ocorreu parasitismo por vespas.

TABELA 22 - Danos ocorridos em ovos por predadores no campo.

Período Experimento	Tratamento	Nº de massas de ovos colocadas	Nº de ovos atacados por predadores	Quantidade de parasitismo por vespas parasitas
1-9/Março	sem armação telada	10	6	0
17-21/Março	sem armação telada	10	3	3
3-7/Março	com armação telada	10	0	0

* Não foi possível identificar o predador

II. Parasitismo por vespas em ovos colocados com armação telada:

Resta a dúvida se a tela sintética prejudicou o parasitismo, não possibilitando nenhuma postura em ovos colocados no campo sob armação telada. Dessa maneira, realizou-se um experimento em laboratório cujos resultados se encontram na Tabela 23.

TABELA 23 - Parasitismo em ovos instalados em armação telada no laboratório.

Tratamento com armação telada	Hospedeiro			Vespa parasita		
	fêmea	ovo	% eclosão de ovos	% parasitismo	% emergência de adultos	% fêmeas
laboratório	10	44	0	81.8	27.7	60.0
laboratório	5	43	0	41.9	44.4	75.0

Pela Tabela 23, verifica-se que no caso da colocação dos ovos em gaiola telada em laboratório conseguiu-se uma elevada taxa de parasitismo.

2.3.9 Experimento de criação livre no campo

Antecedendo uma criação livre em grande escala, efetuou-se uma criação em uma pequena dimensão para se estudar as possibilidades de estabelecimento definitivo do inimigo natural no campo e método de confirmação do parasitismo.

A Tabela 24 mostra as condições de parasitismo das vespas parasitas antes da criação livre e, o esquema de soltura no campo está mostrado na Figura 4.

TABELA 24 - Condições de parasitismo dos insetos criados no laboratório antes da criação livre no campo.

Nº de ovos testados	% parasitismo	Nº de vespas emergidas
436	75.4	322

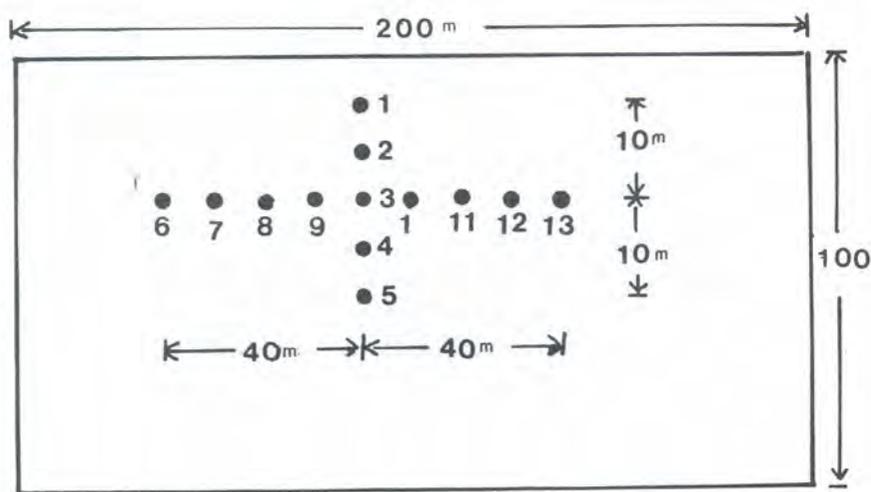


FIG. 4 - Esquema de soltura das vespas parasitas.

Como pode ser visto na Tabela 24, as vespas parasitas apresentavam alta taxa de parasitismo antes da soltura, porém no campo, o parasitismo não pode ser confirmado.

Discussão

Gama de hospedeiros dos inimigos naturais nativos e importância da sua utilização

É de aceitação geral da maioria dos pesquisadores que os inimigos naturais nativos desempenham um papel crucial no controle de pragas. Da região do cerrado foram coletados, em várias épocas, ovos de percevejos-pragas da soja, dos quais emergiram muitas vespas parasitas, representando seis espécies em três famílias (Tabela 1). Sabe-se que essas vespas parasitas desempenham um grande papel no controle de percevejos da soja no cerrado. Essas vespas parasitas diferiram em três espécies das sete espécies causado-

ras de danos em soja e uma espécie de percevejo eclodida de ovo de predador, da família Pentatomidae e descritas por Ferreira (1986) no Paraná. Dentre as seis espécies de inimigos naturais nativos, *T. basalis* obteve sucesso no controle de *N. viridula* na Nova Zelândia (Cumber, 1951) e acredita-se que seja uma vespa parasita de importância mundial. Esta espécie parasita quatro espécies de percevejos no campo e, em condições de laboratório, excetuando-se *Edessa meditabunda*, parasita sete espécies (Tabela 2) de ovos de percevejos, presumivelmente de utilização com alta importância, porém não se chegou até o desenvolvimento final do método de utilização prática. O gênero *Telenomus* engloba dez espécies conhecidas mundialmente como eficientes vespas parasitas (Kogan, 1988) e *Telenomus mormideae* é a espécie que se encontra em foco de atenção. Deverá ser necessário o estudo da utilização das outras espécies.

Há certa dúvida quanto à utilização de inimigos naturais nativos para controlar pragas locais, mas, como mostra Ridgway et.al. (1976), pelo recente avanço dos métodos de criação de insetos em larga escala, tornou-se possível a criação massal de inimigos naturais e, como pode ser visto em Stinner (1977) há o incentivo de desenvolvimento de tecnologias de proteção pela criação massal de inimigos naturais eficientes. Doravante, deverá ser necessário o estudo da utilização intensiva de inimigos naturais nativos.

Desenvolvimento de método de utilização de inimigos naturais introduzidos

Desde há muito tem se realizado testes de introdução de insetos inimigos naturais, do exterior, para controlar as pragas (Clausen, 1978). E, ainda hoje, estes esforços continuam sendo empreendidos em cada localidade. Kobayashi (1987) introduziu no Brasil cinco espécies de vespas parasitas de ovos de percevejo do Japão e, ao mesmo tempo que estudou as suas características fisiológicas, efetuou a criação livre da espécie *T. mitsukurii*, porém há indícios de não ter-se instalado definitivamente, pois posteriormente não foi mais visto nos campos do CPAC.

Para desenvolver um método de controle da população de pragas utilizando os inimigos naturais introduzidos, antes da criação livre, acredita-se que é prioritário a elucidação das características fisiológicas do inimigo natural e o desenvolvimento de métodos de preservação. Desse modo, procedeu-se inicialmente à realização desses experimentos.

Introdução do inimigo natural: As duas espécies de inimigos naturais,

diferindo em capacidade de parasitismo, introduzidas do Japão, já vêm sendo muito pesquisadas em termos de características fisiológicas (Kiriya & Norihashi, 1970; Noda, 1989; 1990) e a sua utilização foi tida como promissora. Uma das espécies, *T. mitsukurii* foi demonstrada como parasita de *N. viridula* pelos estudos de Kiriya e Norihashi (1970) e pelos resultados experimentais de Kobayashi (1984). Devido a isso, presumiu-se que a transferência do hospedeiro original *N. antennata* para a espécie do mesmo gênero *N. viridula* não teria grandes problemas. Em experimento de parasitismo realizado em fase recém-introduzida, houve uma grande taxa de parasitismo em ovos de *N. viridula* (Tabela 6) e dando continuidade, realizou-se criação sucessiva junto com vários experimentos para o desenvolvimento de um método para sua utilização.

G. japonicum encontrava-se parasitando *Riptortus clavatus*, deste modo, ao se induzir o parasitismo em *M. pallescens*, este não ocorreu em grandes proporções, porém houve parasitismo com a emergência do inseto adulto (Tabela 13). Como se verificou que houve adaptação, mesmo com a mudança do hospedeiro, deu-se o prosseguimento dos experimentos relacionados com o desenvolvimento de métodos de sua utilização e criação sucessiva.

Verificou-se, durante o processo de criação sucessiva das duas espécies, que houve boa adaptação ao novo hospedeiro com altas taxas de parasitismo e emergência, principalmente para *T. mitsukurii*.

Características fisiológicas de *T. mitsukurii*: Constatou-se que esta espécie parasita ovos de uma ampla gama de insetos da família Pentatomidae. No entanto, descobriu-se que houve parasitismo em ovos de *P. guildinii*, mas com reduzida emergência de adultos, não se constituindo assim em hospedeiro favorável (Tabela 7). Em seguida, comparou-se as características fisiológicas da linhagem introduzida do Japão em 1984 por Kobayashi (1987) e mantida sob criação sucessiva por quatro anos, com linhagem recém introduzida, constatando-se que praticamente não havia diferença entre as duas linhagens (Tabela 8). De acordo com este resultado e também com resultados de estudos de potencial de reprodução em 20 gerações, verificou-se que quase não houve redução no potencial reprodutivo em gerações sucessivas em laboratório por longo período de tempo (Tabela 9). Estas são boas características fisiológicas.

Em relação à criação livre no sentido prático, estudou-se a possibilidade de preservação de ovos do hospedeiro e parasita por certo período de tempo, pela necessidade de se estabelecer tecnologia de preservação e multi-

plicação em larga escala. Como resultado, constatou-se que os ovos não parasitados de *N. viridula* à medida que o tempo passa, isto é, à medida que avança o desenvolvimento do embrião, aumenta a resistência à baixa temperatura (Tabela 10), enquanto que *T. mitsukurii* em desenvolvimento no ovo não possui resistência à baixa temperatura (Tabela 11). Realizou-se também, teste de capacidade de parasitismo e período de preservação efetuado em ovos não parasitados submetidos por prolongado período de armazenamento, removidos e pelo método de indução de postura de ovos de vespas parasitas resultou que, mesmo em ovos preservados a baixa temperatura por período curto de tempo não houve emergência de adulto e que não há possibilidade de preservação a temperaturas baixas como 8°C (Tabela 12). Powell e Shepard (1982) relataram que houve bom parasitismo e emergência de *T. basalis*, pertencente ao mesmo gênero, preservado por longo período a -75°C, e tornando assim necessário mais estudos em relação à preservação.

Características fisiológicas de *G. japonicum*: é uma conhecida como vespa parasita de percevejos pertencentes a família Alydidae (Noda, 1989). Apesar de não haver possibilidade de parasitar ovos de pentatomídeos (Tabela 14), constatou-se que esta é bem adaptada a *M. pallescens*, hospedeiro da mesma família onde existe no Japão (Tabela 13). E também, houve bom nível de parasitismo e emergência (Tabela 15) em ovos de *M. pallescens*, seja qual fosse a fase de desenvolvimento relacionados com longevidade e postura utilizando-se ovos de *M. pallescens*. *G. japonicum* sobreviveu por aproximadamente 40 dias sob 25°C e durante este período pôs uma média de 60 ovos (Tabela 16). Supõe-se que o mesmo nível de longevidade e postura sejam verdadeiros também no campo.

Como é difícil distinguir as fases de ovo, larva e pupa das vespas parasitas, estudou-se as relações entre temperatura e período desde a postura até a emergência, assumindo como período de ovo-larva-pupa. Como resultado, em temperatura variando de 20-30°C, a equação da velocidade de desenvolvimento possuía distribuição linear (Figura 3) e igualmente a insetos em geral, lenta em temperaturas baixas e rápida em altas.

Na criação de *M. pallescens* em incubadora, mesmo em prolongadas gerações sucessivas, não houve redução de potencial de reprodução, comprovando que pode suficientemente resistir a criação por longo período em laboratório. Dessa forma, assumiu-se que em relação à criação livre no campo a nível experimental, não haveria a necessidade de nova introdução (Tabela 18). Continuando, estudou-se a possibilidade de manutenção de ovos do hospedeiro, parasitados ou não, em relação à criação livre no campo a

nível experimental. Após manutenção de ovos do hospedeiro por longo período a 8°C, foi testada a postura de vespas parasitas que mostrou gradativa redução da taxa de parasitismo em períodos de armazenamento superiores a 40 dias, mas não ocorrendo sensível redução na emergência de inseto adulto (Tabela 21). Dessa forma, induzindo a oviposição em ovos mantidos a baixa temperatura em períodos inferiores a 40 dias, não há redução da taxa de eclosão dos ovos de *M. pallescens*, mesmo não sendo parasitados. Esta característica fisiológica constitui-se em característica altamente favorável em se tratando de projeto de viabilização prática.

Como há dificuldade em se encontrar ovos de *M. pallescens* no campo, acreditou-se que os estudos de parasitismo em ovos colocados artificialmente seriam mais adequados como método de avaliação do controle da praga e método de confirmação do estabelecimento definitivo do parasita, porém recebeu intenso ataque de predadores e não se pode obter nenhum resultado concreto. Dessa forma, preparou-se uma armação com tela sintética envolvendo ambos os lados dos ovos colocados e instalados no campo de soja, porém não houve ataque de predadores, nem parasitismo por vespas (Tabela 22). Há a necessidade de continuar os estudos no campo, pois em experimentos de laboratório, vespas parasitas atravessaram a tela sintética e fizeram uma oviposição em bom nível (Tabela 23).

Em experimentos de criação livre no campo, o parasitismo em ovos colocados não pode ser visto e por isso não houve meios para comprovar a instalação definitiva. Há a necessidade de aumentar a criação de insetos para dar continuidade aos experimentos de criação livres. A Figura 4 mostra o croqui com o esquema de soltura das vespas parasitas.

Agradecimentos

Durante a condução dessa pesquisa teve-se a valiosa colaboração da pesquisadora Dra. Maria Alice S. Oliveria e dos técnicos Antonio Humberto Barbosa, Jânio F. Silva e Epaminondas de S. Vasconcelos, também houve a doação de duas espécies de inimigos naturais introduzidos por parte do Dr. Takashi Noda. Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão a todos eles.

Referência Bibliográfica

- CLAUSEN, C.P. **Introduction parasitars and predators of Arthropod pests and weeds.** A world review. Washington D.C.: USDA, 1978. 545p. (USDA Agricultural Handbook, 480).
- FERREIRA, B.S.C. Ocorrência natural do complexo de parasitóides de ovos de percevejos da soja no Paraná. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 15, n. 2, p.190-199, 1986.
- KIRIYA, K.; NORITAKA, N. **Estudo ecológico de grupos de *Nezara viridula*.** In: REUNIÃO TÉCNICA DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (ENTOMOLOGIA/FITOPATOLOGIA), 1970, Tóquio. 260p. [s.n.t.].
- KISHINO, K. **Estudos em percevejos - pragas de soja do cerrado.** Relatório do Projeto CPAC, Tóquio: JICA, 1981. .
- KNIPLING, E.F. **Basic principles of insect suppression and management.** USDA Agric. Handbook nº 512 Washington, 1979. 659p.
- KOBAYASHI, T. **Estudo em controle integrado de espécies de percevejos causadores de danos em soja no cerrado.** Relatório do Projeto CPAC (5), Tóquio: JICA, 1987. p. 309-376.
- KOGAN, J.; KOGAM, M.; BREWER, E.F.; HEREM, C.G. **World bibliography of soybean entomology (2).** Univ. Illinois Agric. Exp. Sta. Special Pub. 73, 1988, 291p.
- NODA, T. Variação estacional de vespas parasitas de ovos de *Riptortus clavatus* em várias leguminosas. **O'dókon**, v. 33, n. 4, p.257-59, 1989.
- NODA, T. Sugestão da gama de hospedeiros de *Gryon japonicum* (Ashmead). **O'dókon**, v. 34, n. 3, p.249-52, 1990.
- POWELL, J. E.; SHEPARD, M. Biology of Australian and United States strains of *Trissolcus basal*, a parasitoid of the Green Vegetable Bug, *Nezara viridula*. **Australian Journal of Ecology**, v. 7: p.181-186, 1982.
- RIDGWAY, R. L.; VINSON, S. B. **Biological control by augmentation of natural enemies.** New York: Plenum Press, 1976.
- SHEPARD, M.; HERZOG, D. C. Status and current limits to biological control in the southeastern U.S. In: HOY, M.A. AND HERZOG, D. C. **BIOLOGICAL CONTROL AGRICULTURE IPM SYSTEM.** [New York]: Academic press, 1985. p.557-574.
- STINNER, R. E. Efficacy of inundative release. **Ann. Rev. Entomol.** v. 22, p.515-531, 1977.

ECOLOGIA DE PERCEVEJOS QUE ATACAM O COLMO E A PANÍCULA DO ARROZ NA REGIÃO DOS CERRADOS

Ken-Ichi Kishino¹; Roberto Teixeira Alves²

SUMÁRIO - Este relatório é resultado das experiências e estudos conduzidos no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, em Planaltina-DF, no período de 1988 a 1992. Os principais resultados são os seguintes: Estudando a ocorrência de duas espécies de percevejos que danificam os colmos e de duas espécies que danificam as panículas do arroz, cada uma das espécies têm as suas características específicas de ocorrência, e no arroz inundado foi confirmado o ataque de percevejos. Estudou-se experimentalmente a postura e o habitat de desenvolvimento de duas espécies de percevejos que danificam os colmos. O período de pré-postura do *Tibraca limbativentris* é de 30 dias e a quantidade de ovos por postura é de aproximadamente 80. O período de incubação do ovo e de desenvolvimento da ninfa entre 20 e 30°C, foram longos a baixa temperatura e curtos em alta temperatura. Na região do Distrito Federal foram necessários 80 a 90 dias para completar uma geração. Supõe-se que, na condição de dias curtos, são poucos os indivíduos que depositam os ovos. O *Mormidea notulifera* em comparação com o *Tibraca limbativentris* é menor em tamanho, preto escuro e suas antenas são proeminentes. O período de pré-postura é de aproximadamente 15 dias, a quantidade de ovos por postura é de aproximadamente 250, e o período de incubação dos ovos e de desenvolvimento das ninfas é longo em baixa temperatura e curto em alta temperatura. Considerou-se que são necessários aproximadamente 55 dias para completar uma geração na região de Brasília. Quanto à longevidade dos adultos, houve indivíduo que alcançou sete meses mas a média foi de quatro meses de vida. Não foi observada a interrupção de postura, mesmo nos dias curtos e por isso considera-se que não ocorra dormência reprodutiva. Estudando-se a capacidade de formação de manchas no arroz, postura e desenvolvimento das duas espécies de percevejos nocivos a panícula, o *O. poecilus* e o *O. ypsilongriseus* apresentaram desenvolvimentos semelhantes e

¹ Entomologia, Consultor da JICA/EMBRAPA

² Eng.-Agr. M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP:73301-970 Planaltina,DF.

também a capacidade de formação de manchas no arroz foi similar. Estudando-se a capacidade de formação de manchas no arroz dos percevejos nocivos à soja, confirmou-se que *N. viridula* e o *D. melaconta* possuem esta potencialidade, porém quanto ao *P. guildinii* permaneceram alguns pontos questionáveis. As outras duas espécies não possuíam a capacidade de causar manchas no arroz.

1 Introdução

No Brasil, o arroz é um dos principais produtos alimentícios e inicialmente era produzido nos estados da região sul. Com o desenvolvimento da região dos cerrados, a produção disseminou-se nos estados da região centro-oeste e atualmente é considerada como uma das principais produtoras. Na região dos cerrados o sistema principal de cultivo de arroz é o de sequeiro, porém já existem grandes áreas com arroz inundado. Essas áreas estão em pleno desenvolvimento.

O cultivo de arroz de sequeiro e inundado não apresentam rendimento considerável, prevê-se um provável aumento na produção de arroz irrigado por uma unidade de área. Como principais causas podemos citar a técnica inadequada para o cultivo e a queda de rendimento causada pelas pragas.

Considera-se que no Brasil existam 154 espécies de insetos nocivos ao arroz, e destes 36 são de espécies de percevejos de 8 famílias diferentes (Rossetto, 1971). Ainda, Silva et al. (1968) considera que 33 espécies de percevejos tem relação com o arroz, e Cruz & Corseuil (1970) consideram que no Rio Grande do Sul 8 espécies são as principais. O estudo da ocorrência de percevejos na região dos cerrados não está muito completo. É conhecida apenas, uma espécie que danifica o colmo chamada *Tibraca limbativentris* e três espécies que danificam as panículas o *Oebalus poecilus*, *O. ypsilongriseus* e o *O. griseus* (Ferreira & Martins, 1984).

Para o estabelecimento do método de controle adequado e previsão da ocorrência da praga, têm-se como premissa o estudo da ocorrência e a pesquisa da ecologia. Então, foram iniciadas pesquisas para identificar as espécies e os aspectos que acarretam danos, assim como investigar a ecologia desses insetos.

Este trabalho é a conclusão dos estudos sobre a ocorrência dos principais percevejos que causam danos no colmo e na panícula do arroz na região dos cerrados; do ambiente de ocorrência das quatro principais espécies de percevejos pesquisados no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (EMBRAPA-CPAC) e da capacidade de várias espécies de percevejos em causar manchas no arroz.

2 Material e Métodos

2.1 Estudo da distribuição de ocorrência dos percevejos

Foi definido o nível de ocorrência baseado na densidade de população assim como a confirmação dos habitat de cada um. Os percevejos que danificam os colmos foram coletados das touceiras de arroz, na época da emissão da panícula e os percevejos que danificam a panícula foram coletados após sua formação, com rede entomológica.

2.1.1 Material para teste

Foram utilizados ovos, ninfas e a geração posterior do percevejo adulto *Tibraca limbativentris* e *Mormidea notulifera* que danificam os colmos, coletados em arroz inundado na periferia da cidade de Gurupi, Estado de Tocantins. E ainda foram utilizados mais percevejos adultos e a geração posterior destes, coletados também em arroz inundado na periferia da cidade de Gurupi, TO e na cidade de Unai, MG. Os testes foram efetuados da seguinte maneira, exceto os que serão ressaltados:

2.2 Estudo do período de incubação

Os ovos foram depositados num papel toalha e os mesmos ficaram numa câmara incubadora com temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 14 horas. Esses ovos foram retirados e transferidos para uma placa de Petri, forrada com papel filtro umedecido. Essa placa foi colocada na incubadora com temperatura controlada, previamente aquecido a partir das 10 horas da manhã. Ao final verificou-se a quantidade de dias até a eclosão dos ovos.

2.3 Levantamento do período ninfal

As ninfas foram obtidas através da eclosão dos ovos, numa câmara com temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 14 horas. Para os percevejos que danificam os colmos, foram dados como dieta colmos de arroz coletados no campo. Esses percevejos foram criados num recipiente confeccionado a partir de 2 copos plásticos colados um ao outro. Para os percevejos que danificam as panículas, foram dadas como dieta as panículas de arroz coletadas no campo. Estes foram criados numa placa de Petri com diâmetro de 9cm com 2cm de altura. Foram estudados todos os instares, em grupo, fixando como padrão a criação de 20 insetos por recipiente.

2.4 Levantamento da longevidade e capacidade de postura

Os ovos e as ninfas foram criados sob iluminação de 14 horas a 25°C. Os adultos emergidos foram colocados num tubo de ensaio de 18x180mm juntamente com o colmo do arroz, e criados um a um, estudando-se diariamente a quantidade de postura e a quantidade de dias até a morte destes, isto é, a longevidade.

2.5 Fotoperíodo

Foi estabelecido como condição de dia longo a iluminação de 14 horas e escuridão de 10 horas (14L - 10E) e como dia curto a iluminação de 10 horas e escuridão de 14 horas (10L - 14E).

2.6 Levantamento da capacidade de formação de mancha no arroz

O arroz plantado no vaso foi envolvido por uma rede de nylon colocando-se no interior a quantidade estabelecida de insetos adultos durante 10 dias. O arroz foi beneficiado após a colheita, verificando-se e contando-se o arroz integral com formação de mancha e definindo a capacidade de dano a partir da proporção de arroz com mancha.

2.7 Estudo da ocorrência

A Tabela 1 indica o nível de ocorrência dos principais percevejos que ocorrem em arroz inundado e sequeiro nos Cerrados.

TABELA 1 - Níveis de ocorrência dos principais percevejos nocivos ao arroz em diferentes áreas da região dos cerrados.

Locais de estudo	Estado	nível de ocorrência				
		T.l.	M.n.	O.p.	O.yg.	O.g.
Arroz sequeiro						
Planaltina(CPAC)	(DF)	Φ	x	x	■	Φ
PADDF	(DF)	Φ	x	x	■	x
Barreiras	(BA)	?	x	x	Φ	x
St. Filomena	(PI)	?	x	?	Φ	?
Balsas	(MA)	?	x	?	Φ	?
Carolina	(MA)	?	x	■	Φ	?
Palmas	(TO)	?	x	?	Φ	?
Porto Nacional	(TO)	?	x	?	Φ	?
Chapada dos Parecis	(MT)	Φ	x	x	■	?
Lucas do Rio Verde	(MT)	Φ	x	?	Φ	?
Arroz inundado						
Unai	(MG)	Φ	Φ	Φ	■	?
Bonfinópolis	(MG)	Φ	x	Φ	■	x
Braz Brantes	(GO)	Φ	x	■	Φ	Φ
Gurupi	(TO)	■	■	■	Φ	Φ
Cristalândia	(TO)	■	■	Φ	Φ	?
Formoso do Araguaia	(TO)	■	■	Φ	Φ	■?

■: média ocorrência, Φ: baixa ocorrência, x: sem ocorrência, ? : sem coleta

DF: Distrito Federal, BA: Bahia, PI: Piauí, MA: Maranhão,

MG: Minas Gerais, GO: Goiás, TO: Tocantins,

T.l: *Tibraca limbativentris*, M.n: *Mormidea notulifera*,

O.p: *Oebalus poecilus*, O.yg: *Oebalus ypsilongriseus*,

O.g: *Oebalus griseus*

A ocorrência de *T. limbativentris* no arroz de sequeiro foi pouca e houveram locais que não foram encontrados. Em arroz inundado foi constatado com pequena a média ocorrência em cada local estudado. Principalmente na bacia do Rio Formoso, afluente do Rio Araguaia no Estado de Tocantins, foi constatada uma alta densidade populacional. O *M. notulifera* só foi confirmado em arroz inundado nos arredores da cidade de Unai, Minas Gerais e na bacia do Rio Formoso no Estado de Tocantins. Dentre os percevejos que danificam as panículas, *O. poecilus* não foi detectado nas plantações de arroz sequeiro do DF., de Barreiras região oeste do Estado da Bahia, do Estado do Piauí e do Estado do Maranhão, porém no arroz inundado foi detectada a ocorrência em cada local. O *O. ypsilongriseus* estava disseminado em todos os locais estudados, porém o *O. griseus* não foi detectado em

vários pontos, talvez pela sua baixa densidade populacional. Nos cultivos de arroz inundado do Formoso de Araguaia foram detectadas a ocorrência de outras espécies semelhantes com essa espécie de percevejo. Como não foi confirmada a espécie, foi colocado o ponto de interrogação na Tabela 1.

2.8 Percevejos que danificam o colmo do arroz

2.8.1 *Tibraca limbativentris* Stal

Essa espécie encontra-se registrada como praga do arroz nos países da América do Sul e mencionada como uma das mais importantes no Brasil e Argentina (Trujillo, 1970).

2.8.1.1 Biologia de *T. limbativentris*

Realizou-se pesquisa sobre as características da reprodução para esclarecer a biologia dessa espécie.

2.8.1.2 Desenvolvimento dos ovos

Determinou-se o número de dias necessários para a eclosão dos ovos, utilizando-se a massa de ovos recém-colocados, sob temperatura de 20, 24, 25 e 30°C. Os resultados estão contidos na Tabela 2.

Como pode-se verificar na Tabela 2, o período de incubação dos ovos a 20°C é de aproximadamente 10 dias e a 30°C é de 4 dias. O desenvolvimento dos ovos é lento em baixas temperaturas e rápido em altas temperaturas. A eclosão varia de acordo com a massa de ovos, sendo que existem ovos que eclodem ao mesmo tempo e existem outros que eclodem irregularmente.

TABELA 2 - Relação entre o período de incubação dos ovos de *Tibraca limbativentris* e a temperatura.

temperatura	Nº de massa de ovos	período de incubação dos ovos (dias)		
		máximo	mínimo	média
20	5	11	9	10.5
24	3	7	6	6.7
25	7	6	5	6.0
30	2	4	4	4.0

Fotoperíodo: 14L-10E

2.8.1.3 Desenvolvimento das ninfas

Foi estudado o desenvolvimento das ninfas sob condição de criação em laboratório, nas temperaturas de 20, 25, 27 e 30°C. Os dados nas temperaturas de 20 e 25°C constam na Tabela 3. Os resultados mostram a morte das ninfas durante o crescimento, não alcançando a fase adulta.

Na temperatura de 20°C foram necessários aproximadamente 80 dias para as ninfas se tornarem adultas após a eclosão dos ovos e a 25°C aproximadamente a metade dos dias. Quanto à duração dos instares das ninfas, é mais longa no 1º e no 5º instar a 20°C e sob 25°C o 5º instar também é longo.

TABELA 3 - Relação entre o desenvolvimento da ninfa de *Tibraca limbativentris* e a temperatura.

Temperatura °C	Instar	Nº de ninfas	Tempo para alcançar cada instar (dias)			Duração média de cada instar (dias)
			Máximo	Mínimo	Média	
20	1	31	—	—	—	19.0
	2	30	19	19	19.0	12.5
	3	20	34	30	31.5	9.9
	4	17	46	39	41.4	12.9
	5	12	60	51	53.8	25.7
	adulto	2	81	78	79.5	—
25	1	—	—	—	—	4.6
	2	324	5	4	4.6	8.4
	3	265	19	9	13.0	7.6
	4	214	28	14	20.6	7.4
	5	149	35	20	28.0	16.1
	adulto	73	61	32	44.1	—

Fotoperíodo: 14L-10E

A Tabela 4 mostra o desenvolvimento das ninfas a 25°C, diferenciado por sexo. Pode-se verificar que quase não há diferença de tempo no desenvolvimento do macho e da fêmea.

TABELA 4 - Diferenciação por sexo no desenvolvimento da ninfa de *Tibraca limbativentris*.

Sexo	nº de ninfas	Período ninfal (dias)		
		máximo	mínimo	média
♂	43	57	35	43.4 ± 5.6
♀	30	61	32	44.9 ± 7.5

Fotoperíodo/temperatura: 14L-10E/25°C

2.8.1.4 Postura e longevidade do adulto

Estudou-se a longevidade e postura, utilizando-se adultos criados a partir dos ovos e ninfas sob condição de 14 horas de iluminação (dias longos) a 25°C. Os resultados constam nas Tabelas 5, 6, 7 e 8.

TABELA 5 - Longevidade do adulto de *Tibraca limbativentris* em laboratório (1º Experimento).

Sexo	Nº de adultos	Longevidade (dias)		
		Máximo	Mínimo	Média
♂	20	152	1	36.5 ± 45.0
♀	20	160	1	57.3 ± 53.2

Fotoperíodo/temperatura: 14L-10E/25°C

TABELA 6 - Longevidade do adulto de *Tibraca limbativentris* em laboratório (2º experimento).

Fotoperíodo e temperatura	Sexo	Nº de adultos	Longevidade (dias)		
			Máximo	Mínimo	Média
14L-10E - 25°C	♂	34	150	3	75.1 ± 47.1
	♀	36	133	4	73.1 ± 36.9
10L-14E . 25°C	♂	13	64	2	22.1 ± 21.5
	♀	20	78	3	22.2 ± 18.4
natural	♂	19	102	8	62.5 ± 27.8
	♀	20	88	1	33.1 ± 26.6

Época do teste: 2/abril - 20/maio/1990

TABELA 7 - Características de postura de *Tibraca limbativentris* sob condições de dias longos a 25°C.

Número de adultos	Nº de adultos ovipositando	Período pré-postura			Média de massa de ovos	Nº de ovos por massa	Número de ovos		
		Máximo	Mínimo	Média			Máximo	Mínimo	Média
20	9	51	16	30.6 ± 10.5	6.1	14.7	177	25	90.3 ± 57.8

Fotoperíodo/temperatura: 14L-10E/25°C

TABELA 8 - Influência do fotoperíodo na postura de *Tibraca limbativentris*.

Condições de fotoperíodo/temperatura	Nº de fêmeas	% de insetos ovipositados	Período de pré-postura (dias)	Duração da postura (dias)	Nº de ovos por fêmea	Nº de massa de ovos
14L-10E, 25°C	40	78,0	24,2 ± 9,3	49,0 ± 31,3	162,9 ± 102,0	8,1
10L-14E, 25°C	20	30,0	29,2 ± 14,0	9,8 ± 8,9	35,3 ± 22,2	3,0
natural	20	25,0	17,6 ± 14,0	30,4 ± 23,5	107,0 ± 95,2	7,8

Época do teste: 20/agosto-25/Setembro 1990

A Tabela 5 indica os dias entre a emergência do adulto até a morte. Pode-se verificar que existem indivíduos que morrem no dia seguinte, e os que, mais duram alcançam 150 dias e que as fêmeas vivem mais que os machos.

A Tabela 6 mostra os resultados dos estudos de longevidade na condição de dias longos, dias curtos e ambiente (natural). A longevidade dos adultos que foram criados na condição de dias longos é maior que a dos adultos que foram criados na condição de dias curtos e a longevidade nas condições naturais é pouco menor que as da condição de dias longos.

Verifica-se na Tabela 7, características da postura sob condição de dias longos e 25°C, que o período anterior a postura é de 30 dias e a quantidade de ovos varia de acordo com o indivíduo e a média é de 90 ovos.

A Tabela 8 indica a relação entre o fotoperíodo e a postura, mostrando a grande influência do fotoperíodo na postura. Verifica-se que nos dias curtos há uma redução na percentagem de insetos que depositam ovos, o período de postura diminui bem como a quantidade de ovos e a quantidade de massa de ovos. Comparando-se a condição natural com a condição de dias longos observa-se que o período de pré-postura é menor, o período de postura é um pouco menor e a quantidade de postura é também um pouco menor que as de condição de dias longos, porém em comparação com a condição de dias curtos a diferença é grande.

2.8.1.5 Habitat de ocorrência

Presume-se que com o crescimento do arroz, após a germinação, os adultos que sobreviveram ao inverno, iniciam a migração para os campos, porém estudo específico sobre a época não foi efetuado. No período da emissão das paniculas, estes percevejos estão na base da touceira alimentando-se vorazmente. Foram encontradas ninfas e adultos dentro das touceiras

após a colheita em maio. Pode-se considerar que a touceira, após a colheita, é um dos locais escolhidos para passar o inverno. Quanto ao destino após a aração não é conhecido até o momento.

2.8.1.6 Danos

Foi observado que tanto os adultos quanto as ninfas habitam a parte inferior dos colmos do arroz e penetram o aparelho bucal no feixe vascular e sugam a seiva.

As marcas são fáceis de serem observadas mediante a coloração do lábio do percevejo com Erisulasin e, pelo método Bromocresol o líquido da excreção transforma para cor verde e verifica-se facilmente a excreção de açúcar. É bastante claro o sugamento do floema. Se sugado por *T. limbati-ventris*, este local enegrece e impede o desenvolvimento normal da planta. O arroz no período da emissão da panícula, se sugado no 1º nó, a panícula se torna branca.

2.8.2 *Mormidea notulifera* Stal

No início de junho de 1988 foram coletados percevejos pequenos de cor preta, alimentando-se, na plantação de arroz inundado no município de Gurupi, Estado de Tocantins. Esta espécie de percevejo estava danificando o colmo do arroz e ainda não tinha sido registrada como inseto nocivo a cultura. Foi efetuado estudo sobre o seu habitat.

2.8.2.1 Biologia de *M. notulifera*

Foram estudadas as características de postura, longevidade do adulto e as etapas do desenvolvimento para esclarecer a biologia dessa espécie.

2.8.2.2. Desenvolvimento dos ovos

A Tabela 9 mostra os resultados dos estudos sobre período de incubação dos ovos em várias temperaturas. Verifica-se que nas temperaturas de 20 a 30°C o período de incubação é longo em temperaturas baixas e curto em altas temperaturas. Apesar de existir uma certa diferença na percentagem de eclosão dentro de uma mesma massa de ovos, pode-se dizer que a eclosão é quase simultânea. A percentagem de eclosão em baixa temperatura tende a declinar um pouco, porém não é tão significativa.

TABELA 9 - Relação entre o período de desenvolvimento do ovo de *Mormidea notulifera* e a temperatura.

Temperatura (°C)	Nº de massas ovos	Nº de ovos	% de eclosão	Período de incubação dos ovos (dias)		
				Máximo	Mínimo	Média
20	18	259	78.0	14	12	12.3 ± 0.8
24	20	325	87.1	8	6	6.7 ± 0.4
27	20	335	93.4	6	5	5.1 ± 0.2
30	23	361	94.7	5	4	4.1 ± 0.3

Repetição do teste: 3 vezes, fotoperíodo: 14L-10E

2.8.2.3 Desenvolvimento das ninfas

As Tabelas 10 e 11 indicam os resultados dos estudos biológicos das ninfas de cada instar sob a temperatura de 25°C. Verificando-se os dias para alcançar cada instar, (Tabela 10), nota-se que existe grande variação entre os indivíduos. Ainda observou-se a tendência de alongamento de cada instar de acordo com o avanço do instar, apesar de existirem diferenças na duração de instar.

TABELA 10 - Duração de cada instar ninfal de *Mormidea notulifera*.

Instar	Nº de ninfas testados	Tempo para alcançar cada instar (dias)			Duração média de cada instar (dias)
		Máximo	Mínimo	Média	
1	236	—	—	—	4.7
2	217	6	3	4.7	7.3
3	181	17	8	12.0	4.4
4	150	23	14	16.4	7.8
5	146	31	20	24.2	10.5
adulto	—	47	29	34.7	—

Fotoperíodo/temperatura: 14L-10E/25°C

TABELA 11 - Diferença entre os sexos no período ninfal de *Mormidea notulifera*.

Ano	Sexo	Nº de ninfas	Período ninfal (dias)		
			Máximo	Mínimo	Média
1989	♂	74	42	29	33.4 ± 2.7
	♀	72	47	30	35.1 ± 3.4
	média	146	47	29	34.7 ± 3.1
1990	♂	83	40	24	29.3 ± 2.5
	♀	69	40	24	29.6 ± 2.6
	média	152	40	24	29.4 ± 2.6

Fotoperíodo/temperatura: 14L-10E/25°C

A Tabela 11 registra a diferença de desenvolvimento ninfal entre macho e fêmea, diferenciado por ano de execução do experimento. Entre os sexos quase não há diferença, porém no experimento diferenciado por ano verificou-se diferença de 5 dias na fase de ninfa.

2.8.2.4 Postura e longevidade do adulto

As Tabelas 12 e 13 mostram a longevidade do adulto e a Tabela 14 indica a relação mútua entre a longevidade e a postura.

TABELA 12 - Longevidade do adulto de *Mormidea notulifera* em laboratório (Experimento 1).

Sexo	Longevidade (dias)		
	Máximo	Mínimo	Média
♂	228	16	124.6 ± 47.9
♀	228	50	118.2 ± 45.8

Fotoperíodo/temperatura: 14L-10E/25°C

TABELA 13 - Longevidade do adulto de *Mormidea notulifera* em laboratório (Experimento 2).

Fotoperíodo/ temperatura	Sexo	Nº de adultos	Longevidade (dias)		
			Máximo	Mínimo	Média
14L-10E/ 25°C	♂	11	25	15	77.5 ± 30.6
	♀	15	39	97	69.0 ± 16.4
10L-14D/ 25°C	♂	46	128	35	68.3 ± 27.0
	♀	56	122	16	55.0 ± 24.6
natural	♂	12	120	15	85.2 ± 29.8
	♀	13	83	15	54.5 ± 18.7

Época do teste: Julho-Novembro/1990

TABELA 14 - Características da postura de *Mormidea notulifera*.

Nº de adultos acasalados	Nº de ovi-posições	Período de pré-postura (dias)			Média do nº massa de ovos	Nº de ovos/massa	Nº de ovos depositados			Duração de postura (dias)	Intervalo de postura (dias)
		Máx.	Mín.	Média			Máx.	Mín.	Média		
40	38	42	7	16.8 ± 8.2	17.0	15.0	462	24	255.2 ± 116.8	93.2 ± 47.8	5.6 ± 2.7

Fotoperíodo/temperatura: 14L-10E/25°C

Pela Tabela 12, a média de vida dos adultos é alta, os indivíduos que mais viveram chegaram a 7 meses e quase não houve diferença de longevidade entre os sexos.

Estudando-se a relação com o fotoperíodo na Tabela 13, é clara a diferença entre os sexos, indicando que os machos vivem um pouco mais que as fêmeas.

Em seguida, verifica-se as características da postura na Tabela 14, os indivíduos mais precoces iniciam a postura após a 1ª semana da emergência e os indivíduos mais lentos iniciam a postura após a 6ª semana, existindo grande variação entre os indivíduos. A maioria inicia a postura, aproximadamente, após o 15º dia da emergência. O período de postura alcança em média 3 meses. A fêmea deposita 17 massas de ovos com 15 ovos por massa em média. A quantidade máxima alcança 460 ovos e uma média de 255 ovos.

A Figura 1 mostra a taxa de sobrevivência do adulto e a quantidade de postura total a cada 10 dias. A expectativa de vida é alta e a postura dura por longo tempo, porém é facilmente compreendido que a maioria dos ovos foram depositados nos primeiros 60 dias.

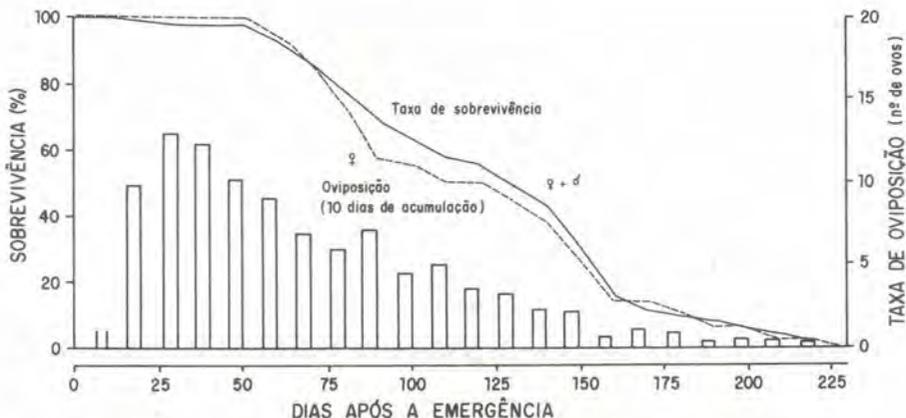


FIG. 1 - Oviposição e taxa de sobrevivência de *Mormidea notulifera*.

Na Tabela 15 observa-se os resultados do estudo sobre a influência do fotoperíodo na postura. Excetuando a diminuição do período de pré-postura na condição natural, entre o dia longo, dia curto e condição natural o período de postura e a quantidade de ovos não se alteraram.

TABELA 15 - Influência do fotoperíodo na postura de *Mormidea notulifera*.

Fotoperíodo e temperatura	Nº de fêmeas	% de postura	Período de pré-postura (dias)	Período de postura (dias)	Nº de ovos	Nº de massas de ovos
14L-10E 25°C	17	94.0	21.9 ± 10.4	42.3 ± 17.4	208.0 ± 113.1	15.2
10L-14E 25°C	57	91.0	16.2 ± 6.4	42.5 ± 20.9	209.0 ± 138.3	14.7
natural	14	93.0	11.2 ± 2.0	39.1 ± 17.1	252.0 ± 142.4	17.5

Época do teste: Julho-Novembro/1990

2.8.2.5 Habitat de ocorrência

Na fase de crescimento do arroz, o *M. notulifera* é encontrado juntamente com o *T. limbativentris*, junto a base da touceira, e após a colheita do arroz nas touceiras remanescentes.

2.8.2.6 Danos

Habitam a parte inferior da touceira do arroz e crescem sugando a seiva dos colmos do arroz. Com isto impede a ramificação e o crescimento da planta de arroz. Quando ocorre alta densidade da população, o arroz não emite as panículas e seca.

2.9 Percevejos que danificam as panículas

Foi estudada a capacidade de formação das manchas e também o desenvolvimento das espécies de percevejos que conhecidamente danificam a panícula, assim como o estudo da capacidade de formação de manchas das cinco espécies de percevejos nocivos ao arroz.

2.9.1 *Oebalus poecilus* (Dalls)

2.9.1.1 Desenvolvimento do ovo

Os resultados do estudo do período de incubação do ovo são mostrados na Tabela 16. Nas temperaturas de 20 e 30°C, as percentagens de eclosão são semelhantes e a 25°C eclodem com 5 dias em média com percentagem de eclosão um pouco mais baixa.

TABELA 16 - Período de incubação dos ovos de *Oebalus poecilus*.

Temperatura (°C)	Nº de ovos testados	% de eclosão	Período de ovo (dias)		
			Máx.	Min.	Média
20	208	88.9	10	8	8.9
25	259	82.6	6	5	5.1
30	150	88.7	4	4	4.0

Fotoperíodo: 14L-10E

2.9.1.2 Desenvolvimento da ninfa

Os resultados dos testes sobre o período ninfal podem ser observados na Tabela 17. Verifica-se que a 25°C são necessários 30 dias para o período de ninfa. A 20°C todos os indivíduos testados morreram durante o desenvolvimento.

TABELA 17 - Período ninfal de *Oebalus poecilus*.

Temperatura (°C)	Nº de ninfas testadas	Nº de adultos	% que se tornaram adultos	Período ninfal (dias)		
				Máx.	Min.	Média
20	374	0	0	–	–	
25	595	162	27.2	44	23	30.7
30	150	34	22.7	26	17	19.7

Fotoperíodo: 14L-10E

2.9.2 *Oebalus ypsilon* (De Geer)

2.9.2.1 Desenvolvimento do ovo

A Tabela 18 registra os resultados dos estudos do período de incubação dos ovos. Os ovos eclodem ao mesmo tempo e a 25°C foram necessários 6 dias para essa eclosão.

TABELA 18 - Período de incubação de ovos de *Oebalus ypsilon*.

Temperatura (°C)	Nº de ovos testados	% de eclosão	Período de incubação dos ovos (dias)		
			Máx.	Mín.	Média
20	48	62.5	10	9	9.6
25	50	86.0	6	6	6.0
30	20	95.0	4	4	4.0

Fotoperíodo: 14L-10E

2.9.2.2 Desenvolvimento da ninfa

Na Tabela 19 observa-se a duração de cada instar ninfal. A duração de cada instar varia individualmente de acordo com a mudança do instar. Após o segundo instar a duração de ninfa se alonga de acordo com o avanço do instar.

TABELA 19 - Duração de cada instar da ninfas de *Oebalus ypsilon*.

Instar ninfal	Duração de cada instar (dias)		
	Máximo	Mínimo	Média
1	6	3	3.5
2	12	8	6.3
3	15	13	4.3
4	20	19	5.3
5	28	24	6.6
Total	-	-	26.0

Fotoperíodo/temperatura: 14L-10E/25°C

3 Outros percevejos

As espécies que tiveram confirmação de ocorrência na região dos Cerrados foram as seguintes:

Mormidea pictiventris Stal
Mormidea maclata (Dallas)
Oebalus griseus Sailer

3.1 Capacidade de dano do *O. poecilus* e *O. ypsilon*

Os resultados contidos na Tabela 20 foram obtidos através da criação livre por dez dias das duas espécies de percevejos nocivos à panicula do arroz durante o período anterior a maturação. Essas espécies possuem alta capacidade de causar dano e mesmo com uma quantidade reduzida de inseto na criação livre, verificou-se a formação de manchas no arroz. Quanto maior a quantidade de inseto criados livres, verifica-se a tendência de aumento da percentagem de arroz com mancha. Não foi entendido a causa sobre a alta anormal da percentagem de arroz com mancha no bloco onde se criou livremente oito insetos de *O. poecilus*.

TABELA 20 - Capacidade de causar formação de mancha no arroz de duas espécies de percevejos.

Nome	Nº de insetos com criação livre	Nº de grãos de arroz		% de arroz com mancha
		Sem mancha	Com mancha	
<i>Oebalus poecilus</i>	12	739	119	13.9
	8	338	208	38.1
	4	531	29	5.2
	2	487	17	3.4
<i>Oebalus ypsilon</i>	6	408	30	6.8
	4	474	47	9.0
	2	438	26	5.6
testemunha	0	621	1	0.2

Os testes foram repetidos 4 vezes, nº de insetos criados livres são iguais quanto ao sexo, período de criação livre: 10 dias período da criação livre 20-30/Maio,1991

3.2 Capacidade de formação de manchas no arroz de outros percevejos

Através de estudo da capacidade de formação de mancha no arroz utilizando-se cinco espécies de percevejos, obteve-se os resultados contidos na Tabela 21. Verifica-se nessa Tabela a percentagem incompleta do arroz integral, onde, o *N. viridula*, *P. guildinii* e *D. melacontus* apresentam altos índices e entende-se que estes percevejos têm grande capacidade de formação de mancha no arroz.

TABELA 21 - Capacidade de algumas espécies de percevejos para formação de mancha no arroz.

Espécie do percevejo	Nº de insetos testados		Arroz em casca			Arroz integral		Peso arroz integral		Capacidade de causar dano
	M	F	10 g	Saudáveis	Sem grão	Saudáveis	% incompletos	Saudáveis	Incompletos	
<i>Nezara</i>	4	4	389	343	46	199	43.5	5.0	2.8	
<i>viridula</i>	3	3	469	377	92	214	36.7	5.2	1.8	alta
	2	2	390	334	56	267	1.8	6.7	1.0	
<i>Piezodorus</i>	4	4	441	360	81	181	51.7	4.3	2.6	alta
<i>guildinii</i>	2	2	362	322	40	292	5.8	7.3	0.3	
<i>Dichelops</i>	3	1	391	329	62	256	20.0	6.5	1.1	moderada
<i>melacontus</i>	2	2	397	330	67	210	32.7	5.3	1.9	
<i>Thyanta</i>	1	3	417	335	79	292	11.5	7.0	0.7	baixa
<i>perditor</i>	2	2	356	317	39	284	5.6	7.2	0.2	
<i>Acrosternum</i>	4	0	407	345	62	321	3.6	7.6	0.2	baixa
sp	2	2	368	321	47	288	6.8	7.2	0.3	
criação A	—	—	380	332	57	310	3.4	7.7	0.2	-
livre B	—	—	403	331	73	299	2.9	7.3	0.3	-

Época do teste: 2-12/Maio/1990, período de criação livre: 10 dias.

4 Considerações

4.1 Situação de ocorrência de percevejos nocivos ao arroz

Verificando-se a ocorrência dos principais percevejos nocivos ao arroz na região dos Cerrados, observou-se a presença de *T. limbativentris* (Figura 2) e *M. notulifera* (Figura 3) em arroz inundado danificando os colmos. Dentre essas duas espécies, o *T. limbativentris* foi observado também em arroz de sequeiro e o *M. notulifera* não foi observado em arroz de sequeiro. Dentre as três espécies de percevejos que danificam a panícula, a área de ocorrência do *O. poecilus* (Figura 4) era restrita. Porém o *O. ypsilon* (Figura 5) foi observado tanto em arroz inundado como de sequeiro e alimenta-se de outros hospedeiros além do arroz e foi constatado que ao se cultivar o arroz estes transferem-se para o arroz, presumindo-se que a migração é bastante ampla.



FIG. 2 - Adulto do percevejo *Tibraca limbativentris*.



FIG. 3 - Adulto do percevejo *Mormidea notulifera*.



FIG. 4 - Adulto do percevejo *Oebalus poecilus*.



FIG. 5 - Adulto do percevejo *Oebalus ypsilon*.

Não foi confirmada em vários locais a ocorrência de *O. griseus* talvez pela baixa densidade populacional. Porém no ano de 1991, em arroz inundado de porte alto em Formoso de Araguaia foram observados várias ocorrências de percevejos das quais se pensou ser desta espécie. (*O. griseus*) como ainda não foi identificado, existe a necessidade dessa informação. Além destes, foi constatada a ocorrência de mais três espécies de percevejos que danificam as panículas, porém a densidade da população era baixa.

4.2 Habitat do percevejo

Em maio de 1988, no município de Gurupi, Estado de Tocantins foram coletadas duas espécies de percevejos, que estavam se alimentando do colmo de arroz inundado. A primeira dessas era *Tibraca limbativentris* conhecida como praga de arroz em vários locais da América do Sul. A outra era uma espécie não conhecida como praga na região dos Cerrados. Posteriormente, esta espécie foi identificada pela Dra. J. Grázia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como *Mormidea notulifera*. Foram efetuados estudos sobre os ovos, fase de ninfa, sobre a fisiologia e características dos hábitos destas duas espécies.

O *T. limbativentris* é conhecido como importante praga de arroz inundado na região produtora do Estado de São Paulo e na Argentina conforme pesquisa de Trujillo (1970) sobre seu desenvolvimento. Considerando o habitat deste, baseando-se nos resultados dos estudos sobre o desenvolvimento da ninfa e do ovo, o período necessário para se tornar adulto, a partir da eclosão do ovo, é de 80 dias a 20°C e de 45 dias a 25°C (Tabela 3). Ao se acrescentar o período pré-postura neste, são necessários 80 dias a 25°C. Como a temperatura média da região dos Cerrados é próxima de 25°C, considera-se que são necessários aproximadamente três meses para passar de uma geração para outra. Como os adultos coletados em maio, nos três anos, de 1988 a 1990, criados com dieta natural de colmo do arroz, efetuaram postura, pode-se considerar que não ocorre a dormência reprodutiva nas condições naturais. Porém, se criado em condição de dias curtos a postura declina-se abruptamente (Tabela 8), com base nisso, considera-se que nas condições de dias curtos do inverno, existe alta possibilidade de ocorrer a dormência reprodutiva ou paralização de postura. Considera-se que na região de Brasília é baixa a possibilidade de ocorrerem duas gerações, porém nas

regiões de baixas latitudes onde ocorre alta temperatura no verão e produção contínua de arroz, existe alta possibilidade de ocorrência de três gerações.

Para a análise do habitat é necessária pesquisa quanto a dormência, porém, não se conseguiu dados suficientes sobre o assunto. A espécie *Scotinophora luridae* que existe no Japão, China e Sudeste Asiático, apresenta danos idênticos à esta espécie. Ela ocorre na zona temperada do Japão em uma única geração ao ano, e é sabido que hibernam abaixo dos líquens da floresta de pinheiros (Katsumata, 1929). Porém é conhecido que em Sri Lanka, situada na zona tropical, essa espécie apresenta três a quatro gerações por ano em duas safras e durante as duas entre-safras passam o verão na forma de adulto (Fernando, 1960).

Existem registros bastantes antigos de que *M. notulifera* é nocivo ao arroz inundado (Costa, 1936). Porém até o relato de Weber et al. (1988) sobre o desenvolvimento do ovo e da ninfa, existiam vários pontos desconhecidos sobre o habitat da ocorrência. Nas áreas de ocorrência e registros nos arrozais inundados da bacia do Rio Formoso no Estado de Tocantins e na região de Unai no Estado de Minas Gerais, esse percevejo está sendo considerado como importante praga do colmo do arroz, juntamente com o *T. limbatriventris*. É uma espécie recém descoberta na região dos Cerrados, porém a área de ocorrência poderá aumentar de acordo com o avanço dos estudos. Verificando o habitat do *M. notulifera*, a temperatura da região da bacia do Rio Formoso é mais alta que a de Brasília. O período de incubação do ovo é de 5 dias, o período de ninfa de 35 dias e o período de postura de 15 dias, necessitando de aproximadamente 50 dias para uma geração, a postura de aproximadamente de 255 ovos (Tabela 14) e além disso o período de postura é longo, (Figura 2). Mesmo com dias curtos não declina a postura (Tabela 15) e são longevos. Por isso é suposto que a procriação é maior que a do *T. limbatriventris*. Supondo-se que ocorra a emergência dos adultos no início da plantação de arroz, passam de duas a três gerações do percevejo, considerando que repetem o procedimento na entre-safra, hibernam na touceira do arroz ou se transferem para outras gramíneas, e mesmo na condição de dias curtos não interrompem a postura (Tabela 15), a possibilidade de possuir período de dormência ou de interrupção é baixa.

O *O. poecilus* e o *O. ypsilongriseus* são percevejos que possuem aspectos similares quanto a morfologia e o habitat. Dentre estas duas espécies, o *O. poecilus* indicou a tendência de o período de incubação do ovo ser mais curto e a tendência de o período de ninfa ser mais longo. Como existe a necessidade de mais estudos sobre a dormência e metamorfose, não se pode

afirmar todos os dados biológicos, porém considera-se que as características de ocorrência são similares nos dois percevejos.

4.3 O cultivo do arroz, época de ocorrência e danos do percevejo

Supõe-se que os percevejos que atacam os colmos e as panículas, tradicionalmente tinham as gramíneas como hospedeiro e concretizou assim o seu "modus vivendi". Com o cultivo do arroz, incorporou-se essa cultura como uma parte do seu habitat. A produção de arroz na zona tropical possui a característica de que sempre é satisfeita a condição de temperatura, e tendo o abastecimento de água, a produção é possível em qualquer ocasião. No caso da produção de arroz inundado, existem regiões com produção contínua e a ocorrência de pragas nestas zonas é bastante complexa. O local de plantio do arroz inundado é praticamente fixo enquanto o arroz de sequeiro é considerado como uma das culturas de rotação. Como o local não é permanente, considera-se que as condições biológicas são diferentes das existentes no arroz inundado. Na região dos Cerrados o arroz é cultivado no período de outubro a abril com a duração do ciclo da cultura de aproximadamente 150 dias. Da sementeira até o início do perfilhamento são necessários aproximadamente 30 dias então, a cultura fica exposta aos percevejos que danificam os colmos por aproximadamente 120 dias e para os percevejos que danificam as panículas, por aproximadamente 60 dias após a emissão das panículas até o seu amadurecimento. Estes são os períodos sujeitos aos danos dos percevejos.

4.4 Capacidade dos percevejos em formar manchas no arroz

Com o estudo da capacidade de formação de manchas no arroz relativo às sete espécies de percevejos, constatou-se que cinco dessas espécies possuem essa capacidade. Excetuando-se o *O. poecilus* e o *O. ypsilongriseus* que são conhecidamente pragas que danificam as panículas, as demais também são pragas nocivas à soja.

No Japão é conhecido que a *N. viridula* tem alta capacidade de formação de mancha no arroz porém, na região dos Cerrados ainda não existe relato de dano no arroz pois considera-se que ainda não houve uma adaptação à essa cultura. Certamente se o *N. viridula* passa a atacar o arroz se tornará um sério problema.

5 Agradecimentos

Para desenvolver essas pesquisas, recebemos muito apoio e colaboração da pesquisadora Dra. Maria Alice S. Oliveira e dos técnicos Antonio H. Barbosa, Janio F. Silva e Epaminondas de S. Vasconcelos, aos quais apresentamos os nossos agradecimentos.

6 Referências Bibliográficas

- COSTA, L.A. **Terceiro catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério Agricultura, 1936. 460p.
- CRUZ, F.Z.; CORSEUIL, E. Notas sobre "percevejo grande do arroz" (*Tibraca limbativentris* Stal, 1980). **Lavoura Arrozeira**, v.23, n.258, p.53-56, 1970.
- FERREIRA, E.; MARTINS, J. F. da S. **Insetos prejudiciais ao arroz no Brasil e o seu controle**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 67p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 11).
- FERNANDO, H. E. A biological and ecological study of the rice pentatomid bug, *Scotinophora lurida* (Burm.) in Ceylon. **Bulletin of Entomological Research**, v.51, p.559-576, 1960.
- KATUMATA, K. **Studies on the rice black stink bug, *Scotinophora lurida*** Bull. Ishikawa Agric. Exp. Sta., Kanazawa, Japan. 1929. 240p.
- ROSSETTO, C. J. ed. **Pragas do arroz no Brasil**. In: REUNIÃO DO COMITÊ DE ARROZ PARA AS AMÉRICAS, 2. 1971. Pelotas: [s.n., s.d.]. FAO.
- SILVA, A. G. de A. et al. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil**. Seus parasitos e predadores. Rio de Janeiro, G.B., [s.n.t.], 1968. Parte 2, Tomo 1, 622p.
- TRUJILLO, M. R. **Contribuição conhecimento do dano e biologia de *Tibraca limbativentris* Stal (Hemip: Pentatomidae), praga da cultura de arroz**. ESALQ, 1970. 63p. Piracicaba, SP. Tese.
- WEBER, M. A., DEL VECCHIO; GRAZIA, J. Estudo dos imaturos de pentatomídeos (Heteroptera) que vivem sobre arroz (*Oryza sativa* L.) II *Mormidea notulifera* Stal 1860. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.17 (supl): p.161-173, 1988.

OCORRÊNCIA E BIOLOGIA DE *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (*Lepidoptera-Pyralidae*) EM ARROZ NOS CERRADOS

Ken-Ichi Kishino¹; Roberto Teixeira Alves²

SUMÁRIO - Este relatório constitui-se em uma coletânea de experimentos e estudos efetuados no CPAC em Planaltina-DF. Os principais resultados obtidos encontram-se a seguir: a população de *Diatraea saccharalis* no DF, Goiânia, oeste da Bahia e Minas Gerais atacando arroz de sequeiro e inundado não foi alta, porém no Mato Grosso houve um severo ataque em arroz de sequeiro. Em áreas com arroz inundado em Tocantins, a população não se encontra em níveis elevados a ponto de necessitar de controle; estudou-se os métodos de criação de larvas utilizando dieta artificial, arroz germinado e colmo. Como resultado, verificou-se que ainda são necessários estudos adicionais de criação com dieta artificial, que o método de criação individual com arroz germinado apresentou boa eficiência no estudo do acompanhamento do desenvolvimento das larvas; e também que há possibilidade de utilização do método de criação massal com colmo de arroz para estudos de desenvolvimento e criação em larga escala; pelo método de criação com arroz germinado estudou-se a duração de cada instar e o número de instares, e, pelo método de criação massal com colmo de arroz, a resposta ao fotoperíodo. Pelos resultados do desenvolvimento do ovo, larva e pupa, acredita-se que na região de Brasília são necessários cerca de 45 dias para completar uma geração e que na região do Rio Formoso-TO a população presente não apresenta diapausa.

¹ Entomologia, Consultor da JICA/EMBRAPA

² Eng.-Agr. M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina,DF.

1 Introdução

Duas espécies de broca, *Diatraea saccharalis* e *Rupella albinella*, são conhecidas como pragas do colmo do arroz (Ferreira & Martins, 1984). *D. saccharalis* é famosa nos países da América Central e Sul como praga da cana-de-açúcar, mas sua fase larval também penetra no colmo do arroz, causando o "coração morto" e "cacho branco", sendo considerada uma praga de grande importância. *R. albinella* ataca o arroz e causa danos semelhantes a *D. saccharalis*, mas é grande a falta de informação em relação à sua natureza e danos que causa. Também não se conhece bem a sua distribuição geográfica e o processo da sua ocorrência.

A origem da *D. saccharalis* é tida como a América Central/Sul com larga amplitude de ocorrência, desde os 30° de latitude norte da América do Norte até os 30° de latitude sul da América do Sul. Na América do Norte, a sua ocorrência esta restrita às zonas litorâneas do sul da Flórida, Mississipi, Louisiana e Texas, porém tem uma vasta distribuição na América Central, ilhas da Índia Ocidental e países da América do Sul. Não há registro da ocorrência na Ásia, África e Europa e acredita-se que a sua distribuição esteja restrita às Américas e às ilhas circunvizinhas. As plantas hospedeiras são as gramíneas e há relatos de danos em plantios de cana-de-açúcar, arroz, milho e sorgo e em outras gramíneas forrageiras (Holloway & Hally, 1928).

Sabe-se que os prejuízos causados são severos em arroz de sequeiro e irrigado, no entanto, o ciclo de vida no arroz e o dano em si não está totalmente esclarecido. Dessa maneira, iniciou-se os estudos para elucidar, inicialmente, o ciclo de vida desse inseto no arroz.

2 Material e Métodos

2.1 Levantamento da ocorrência de *D. saccharalis*

Investigou-se as condições de ocorrência de ataque da broca procurando-os no colmo principal do arroz de sequeiro e inundado no período da emissão do cacho floral. A Tabela 1 mostra os locais e data dos levantamentos da ocorrência de *D. saccharalis*.

TABELA 1 - Locais e períodos dos levantamentos da ocorrência de broca *Diatraea saccharalis*.

Estado	Local dos levantamentos	Ano(s)
DF	Planaltina (CPAC)	1988, 89, 90, 91, 92
	PADDF	1988,89,90,91,92
Bahia	Barreiras (EPABA/Cerrado)	1988, 91
Tocantins	Gurupi (Faz. Nova Querência)	1988, 89, 90, 91
	Formoso do Araguaia (Coop. Java)	1988, 90, 91
	Cristalândia	1989
Minas Gerais	Bonfinópolis de Minas (Faz. YKK)	1990
	Unai (Faz. IWAMURA)	1990, 91
	Guarda Mor (PRODECER II)	1991, 92
Mato Grosso	Lucas do Rio Verde (PRODECER II)	1989
	Chapada dos Parecis (Faz. Itamarati)	1990, 92
Goiás	Braza de Brantes (EMBRAPA/CNPAP)	1990

2.1.1 Materiais de pesquisa em laboratório

Os materiais utilizados foram as larvas, os ovos postos por adultos em laboratório e as suas gerações posteriores, todas coletadas em área de arroz inundado no aflente do Rio Araguaia, da região ao redor de Cristalândia, Estado de Tocantins.

2.2 Método de coleta de ovos e sua conservação

Os ovos foram coletados no campo; criados em laboratório até a fase de pupa; os adultos emergidos foram colocados juntos com pedaços de papel ofício fino com marca de dobradura e papel de parafina, dentro de um cilindro de plástico, diâmetro de 80 mm e altura de 130 mm, com a parte superior coberta com poliéster. Este cilindro foi colocado com a parte superior imersa em placa de Petri de 9 cm para manter a umidade. Induziu-se a postura os ovos colocados sobre o papel foram retirados, o papel cortado rente aos ovos; e transferidos para uma placa de Petri com papel filtro umedecido, onde foram mantidos até a eclosão dos ovos.

2.3 Método de criação das larvas

Criação com dieta artificial muito simples, baseada em Kamano (1973) e King & Hartley (1985) e produzida com algumas alterações. A composição está apresentada na Tabela 2.

TABELA 2 - Composição da dieta artificial utilizada para criação de *Diatraea saccharalis*.

Reagente	Quantidade (g)
Agar	0,5
Celulose em pó	1,0
Sucrose	0,5
Glicose	0,5
Colesterol	0,03
Ácido Ascórbico	0,2
Cloreto de Colina	0,05
Levedura seca	1,0
Farelo de arroz	1,2
Germe de trigo em pó	2,0
Mistura de sais de Wesson	0,25
Hidroxibenzoato	0,01
Propionato de sódio	0,01
Aureomicina	0,05
Formalina 1%	2,0
Água	40,0

Os componentes foram misturados, colocados em frasco de Erlenmeyer de 125 ml. Adicionou-se água e tampou-se com algodão para ser autoclavado por 20 minutos a 112°C e 1,2 atm. A massa de ovos previamente colocada em papel de parafina, pouco antes da eclosão, foi esterilizada com álcool 70%, imersa em 0,1% cloreto de mercúrio por 4 minutos, novamente colocada em álcool 70% e após a remoção do cloreto de mercúrio, foi colada dentro de um frasco que foi tampado com algodão. Os ovos foram selecionados de modo a conter uma massa com 50 ovos por frasco, colocados em incubadora ajustada para 25°C. Nestas condições foi estudado o desenvolvimento do inseto.

Criação em sementes de arroz germinados: Criação massal - após desinfecção com uma solução de cloreto de potássio devidamente diluída, as sementes de arroz com casca, previamente colocadas para secar, foram imersas em água, selecionadas e colocadas para germinarem em temperatura ambiente. Logo após a germinação, aproximadamente 10 g de sementes foram retiradas, colocadas em recipiente de vidro de 300 ml e mantidos em incubadora à temperatura de 30°C para crescimento. Durante este período, procedeu-se por uma a duas vezes a injeção de uma quantidade adequada de água. Na época em que os brotos atingiram 1 a 2 cm, uma massa de ovos

contendo aproximadamente 100 ovos postos sobre papel, com coloração já escurecida, pouco antes da eclosão, foi colocada sem esterilização. A alimentação foi substituída uma vez após sete dias da eclosão e, até o início de formação da pupa a cada cinco dias.

Criação individual - as sementes germinadas de arroz, descritas anteriormente, foram colocadas em um cilindro de vidro de 8 x 60 mm e juntamente, uma larva recém-eclodida em cada cilindro, para se proceder a sua criação. Durante o período inicial foi sendo adicionada uma semente, aumentando esta quantidade de acordo com o crescimento da larva e no 4º-5º instar, a alimentação foi substituída a cada dois-três dias.

Método de criação utilizando colmo de arroz: o colmo de arroz ainda verde foi cortado em pedaços de comprimento de 5 cm e colocados dentro de um copo de sorvete de diâmetro superior de 10 cm. Sobre eles, uma massa de ovos preste a eclodir foi adicionada. Após isso, efetuou-se a criação com a adição de colmo de arroz cortado em intervalos de cinco dias. O número de larvas em cada copo foi alto nas fases iniciais da eclosão, mas depois reduziu-se para 30 no 4º-5º instar.

Estudo do período de incubação do ovo: foi induzida a postura em pedaços de papel ofício fino em condições de 25°C e 14 horas de luz diária em incubadora.

Os ovos foram removidos cortando-se o papel, transferindo-os para uma placa de Petri com umidade mantida através de papel filtro úmido. Colocou-se a placa em incubadora às 10 horas da manhã e, considerando o período até as 10 horas da manhã seguinte como um dia, determinou-se o número de dias até a eclosão.

Estudo do período larval: em larvas eclodidas de ovos colocados em incubadora a 25°C e 14 horas de luz diária, estudou-se o período de desenvolvimento pelo método de criação individual descrito anteriormente, e pelo método de criação massal também já descrito. No caso da criação individual, o instar de cada inseto foi confirmado pela exúvia.

Estudo do período pupal: dando continuidade ao estudo do período larval, prosseguiu-se com o estudo do período de pupa. A distinção sexual foi feita de acordo com uma característica morfológica da região próxima à porção terminal do abdômen.

3 Resultados

3.1 Distribuição da ocorrência nos Cerrados

Os resultados do estudo do nível de ocorrência das espécies nos Cerrados estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 - Número de ocorrências de *Diatraea saccharalis* nos locais investigados.

Estado	Local da investigação	Nº de ocorrências
Arroz de sequeiro		
DF	Planaltina (CPAC)	1
	PADDF	1
BA	Barreiras	0
MT	Chapada dos Parecis	4
	Lucas do Rio Verde	4
MG	Guarda Mor	2
Arroz inundado		
TO	Cristalândia	3
	Gurupi	2
	Formoso do Araguaia	2
MG	Unai	1
	Bonfinópolis de Minas	1
GO	Braza de Brantes	0

3.1.1 Ocorrência em arroz de sequeiro

A ocorrência na região do CPAC e PADDF(DF) não se destacou muito, observando-se danos de modo localizado nos arrozais, não se constituindo em grande problema. Não foi constatada a ocorrência na Área Experimental do Cerrado da EPABA, Barreiras, oeste da Bahia. Houve relato de danos sérios em arrozal, após a emissão do cacho floral, em Lucas do Rio Verde, Mato Grosso, em março de 1989 e também na Fazenda Itamarati na Chapada dos Parecis, parte oeste, em março de 1990. Nesta Fazenda foi verificado o elevado parasitismo de ovos de *D. saccharalis* pela vespa parasita, *Trichogramma* sp. Houve pequena ocorrência na área do PRODECER II em Guarda Mor, Minas Gerais.

3.1.2 Ocorrência em arroz inundado

Uma alta densidade de larvas e pupas foi verificada em sacas de arroz após a colheita, em maio de 1985 no campo inundado da área rural de Cristalândia, Tocantins. A densidade não foi muito alta no gigantesco arrozal inundado formado na região do Rio Formoso, nos arredores de Gurupi, nos anos de 1988, 1989, 1990 e 1991. A densidade foi baixa no arrozal da Fazenda Iwamura em Unai e, na Fazenda YKK em Bonfinópolis de Minas em Minas Gerais. A ocorrência não foi verificada em arrozal do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão-CNPAF na cidade de Brasa de Brantes em Goiás.

3.2 Estabelecimento do método de criação

3.2.1 Método de criação com dieta artificial

As larvas eclodidas dos ovos, após se alimentarem da dieta presa na parede do frasco, passaram a se alimentar daqueles no fundo do frasco, porém a maioria delas morreu durante esse processo. Poucas foram aquelas que alcançaram a fase adulta, indicando que ainda há necessidade de melhorar esta dieta.

3.2.2 Método de criação utilizando sementes de arroz germinadas

Criação massal Por este método é possível a criação até o 5º instar da larva, a partir do qual o crescimento fica irregular e com aumento da mortalidade de indivíduos pouco antes da transformação em pupa. Avaliou-se como inadequado esse método para criação em laboratório.

Criação individual Por esse método, o desenvolvimento das larvas transcorreu sem problemas. Apesar da taxa de emergência do adulto não ter sido muito alta, esta ocorreu, a 25°C, em aproximadamente 35 dias, pondo ovos com uma alta taxa de eclosão.

3.2.3 Método de criação utilizando colmo de arroz

O crescimento das larvas também transcorreu sem problemas. Houve a transformação em pupa e a emergência do adulto, porém em taxas baixas. Os adultos acasalaram-se, ocorrendo a postura e gerando ovos viáveis.

3.3 Natureza do desenvolvimento dos insetos

Com o objetivo de elucidar o ciclo de vida da espécie em questão, efetuou-se a análise a nível experimental das características gerais e peculiaridades relacionadas com o processo de desenvolvimento de *D. saccharalis*.

3.3.1 Desenvolvimento dos ovos

A Tabela 4 mostra a relação entre a temperatura e o período de incubação do ovo. Verifica-se que na amplitude de temperatura de 20-30°C, quanto maior a temperatura, mais curto o período de incubação e, quanto menor a temperatura, mais longo este período. Em todas as temperaturas verificou-se altos índices de eclosão de ovos e sem apresentar tendência de queda na percentagem de eclosão sob alta temperatura. Este estudo teve como unidade padrão a massa de ovos, não apresentando grandes variações entre as massas de ovos.

TABELA 4 - Relação entre o período de incubação dos ovos de *Diatraea saccharalis* e a temperatura.

Temperatura (°C)	Nº de repetições	Nº de massa de ovos	Nº de ovos	% de eclosão	Duração do período de incubação de ovos (dias)		
					Mínimo	Máximo	Média
20	5	34	588	91.3	8	10	9.1 ± 0.5
24	4	36	871	74.1	6	7	6.6 ± 0.5
27	4	35	551	66.1	5	6	5.3 ± 0.5
30	4	34	651	85.7	4	4	4.0

3.3.2 Desenvolvimento das larvas

As Tabelas 5, 6 e 7, indicam a relação entre a temperatura e a duração do período larval.

Observa-se na Tabela 5 que a percentagem de formação de pupa nas várias temperaturas não é tão alta, existindo grande variação entre os indivíduos. A duração do período larval é longa a baixas temperaturas e curtas em altas temperaturas.

TABELA 5 - Relação entre a duração do período larval de *Diatraea saccharalis* e a temperatura.

Temperatura (°C)	Nº de larvas testadas	% de formação de pupa	Duração do período larval (dias)		
			Mínimo	Máximo	Média
20	54	51.9	33	75	49.3
24	40	35.0	25	52	33.9
27	58	48.3	20	45	25.5
30	65	61.5	17	40	23.2

Método de criação: criação individual em sementes de arroz germinadas

A Tabela 6 indica os resultados do estudo sobre o número de ecdises até a formação da pupa em cada temperatura. Em todos os tratamentos, existiram grandes variações entre os indivíduos. A maioria dos indivíduos se transformou em pupa após o 5º, 6º ou 7º instar, porém alguns se transformaram após o 9º ou 10º instar. Em baixa temperatura, verificou-se que o número de instares transcorridos foi maior e, na alta temperatura foi menor.

TABELA 6 - Relação entre a taxa de ocorrência de ecdises em larvas de *Diatraea saccharalis* e a temperatura.

Temperatura (°C)	Nº de larvas testadas	(% de ecdise cada em instar)					
		5	6	7	8	9	10
20	28	3.5	35.7	39.3	17.9	3.5	0
24	14	7.1	35.7	28.6	21.4	0	7.1
27	28	21.4	60.7	7.1	7.1	0	3.5
30	40	27.5	50.0	15.0	5.0	2.5	0

Método de criação: criação individual em sementes de arroz germinadas

A Tabela 7 indica o número de dias necessários para o desenvolvimento de cada instar nas temperaturas de 20, 24, 27 e 30°C. Nesta tabela, os indivíduos que morreram foram considerados como instar final e os que ultrapassaram o 9º instar foram eliminados do cálculo. Verifica-se também que em todos os instares a duração é menor em alta temperatura e maior em baixa temperatura. Nas temperaturas de 20 e 24°C até o 5º instar e de 27 e 30°C até o 4º instar, os indivíduos necessitaram de aproximadamente o mesmo período de tempo para o desenvolvimento. Para instares posteriores, houveram grandes variações sendo que alguns indivíduos necessitaram de períodos extremamente longos para o desenvolvimento em cada instar, principalmente em baixa temperatura - onde esta tendência foi mais forte.

TABELA 7 - Relação entre a duração, em dias, do desenvolvimento larval de *Diatraea saccharalis* nos respectivos instares.

Instar	20°C		24°C		27°C		30°C	
	amplitude	Média	amplitude	Média	amplitude	Média	amplitude	Média
1	5 - 10	6.5	3 - 6	3.8	2 - 4	2.6	2 - 4	2.1
2	3 - 10	5.9	3 - 6	4.5	2 - 6	3.5	2 - 4	2.2
3	3 - 8	5.3	3 - 5	3.5	2 - 5	3.1	2 - 5	2.7
4	3 - 11	6.8	4 - 7	4.9	2 - 7	3.8	2 - 5	3.5
5	3 - 10	6.6	4 - 9	5.4	2 - 10	5.0	2 - 10	5.1
6	5 - 22	10.3	5 - 15	7.5	2 - 9	6.0	2 - 9	5.6
7	6 - 23	10.7	5 - 13	8.8	2 - 6	4.5	2 - 8	4.9
8	8 - 17	11.1	9 - 13	10.6	6 - 8	7.0	3 - 11	5.3

Método de criação: criação individual em sementes de arroz germinadas

A Tabela 8 indica o estudo do número de ecdises e a duração do período larval na temperatura de 25°C. Verificou-se que o número de indivíduos que se transformaram em pupa no 5º instar foi mais alto, sendo que, quanto maior o número de ecdises, maior o período de larval.

TABELA 8 - Percentagem de ecdise e duração da fase larval de *Diatraea saccharalis*.

Nº de Instares	% de ecdise	duração larval (dia)		
		Mínimo	Máximo	Médio
5	63.8	18	32	21.6
6	27.5	21	35	26.6
7	7.5	28	46	31.8
8	1.3	-	-	-

Método de criação: criação individual em sementes de arroz germinadas
Condições de temperatura e luminosidade: 25°C - 14L:10E

A Tabela 9 indica os números de dias necessários para o desenvolvimento de cada instar na temperatura de 25°C. A medida que avança a idade da larva, aumenta a variação entre indivíduos, tornando o período cada vez mais longo.

TABELA 9 - Duração do período larval de *Diatraea saccharalis* em cada instar.

Instar	Nº de larvas testadas	Período de desenvolvimento (dia)		
		Mínimo	Máximo	Média
1	162	2	4	2.7
2	143	2	8	3.1
3	119	2	8	3.4
4	97	2	10	4.1
5	86	2	15	6.5
6	27	2	15	6.3
7	9	3	12	5.6
8	1	-	-	-

Condições de temperatura e luminosidade: 25°C - 14L:10E

Formação de pupa = 48,8%

Em seguida verificou-se a existência ou não da influência do fotoperíodo no desenvolvimento da larva, cujos resultados estão indicados na Tabela 10. Por esta tabela observa-se que o fotoperíodo não influenciou o desenvolvimento larval, sem apresentar grande diferença entre os sexos .

TABELA 10 - Efeito do fotoperíodo na duração do período larval de *Diatraea saccharalis*.

Condições de luminosidade e de temperatura	Sexo	Nº de larvas testadas	Duração do período larval (dias)		
			Mínimo	Máximo	Média
14L:10E-25°C		66	28	56	36.4 ± 6.0
		48	31	53	39.7 ± 5.4
10L:14E-25°C		102	28	50	36.2 ± 5.7
		130	28	47	36.8 ± 4.7

Método de criação: criação massal com colmo de arroz

3.3.3 Desenvolvimento da pupa

As Tabelas 11 e 12 indicam os resultados do estudo sobre o período necessário desde a formação da pupa até a emergência do adulto. A Tabela 11, indica a duração do período de pupa diferenciado por sexo em cada temperatura. Na amplitude de 20 a 30°C o período de pupa é curto em altas temperaturas e longos em baixas temperaturas. A diferença de desenvolvimento de acordo com o sexo não é acentuada.

Em seguida verifica-se na Tabela 12, onde o estudo foi efetuado em temperatura abaixo de 25°C, que houve diferença entre os sexos, porém não significativa.

TABELA 11 - Relação entre a duração do período pupal de *Diatraea saccharalis* e a temperatura.

Temperatura (°C)	Machos					Fêmeas			
	Nº de insetos	Duração (dias)			Nº de insetos	Duração (dias)			
		Mínimo	Máximo	Média		Mínimo	Máximo	Média	
20	8	10	14	12.3	18	11	14	13.2	
24	3	8	9	8.3	4	7	9	8.3	
27	12	6	7	6.8	14	6	7	6.7	
30	21	6	8	6.5	15	5	7	6.0	

Método de criação: criação individual em sementes de arroz germinadas

TABELA 12 - Duração do período pupal de *Diatraea saccharalis* de acordo com o sexo.

Sexo	Nº de insetos testados	Duração do período pupal (dias)		
		Mínimo	Máximo	Média
Machos	35	6	10	7.3
Fêmeas	29	6	8	6.7

3.3.4 Danos no arroz

As larvas eclodidas da massa de ovos, na superfície das folhas, primeiramente invadiram a parede interna da bainha da folha e alimentaram-se dos tecidos dessa parede, com isto a cor da bainha da folhas se alterou para uma cor amarela-marrom. Com o desenvolvimento da larva, esta passou a invadir a parte interna do colmo do arroz. Se esta invasão ocorre no período anterior ao desenvolvimento da planta, causa o "sintoma de coração morto" por se alimentar do coração das folhas, levando à sua morte e secamento. Caso o ataque ocorra após o desenvolvimento da planta, causa o "cacho branco".

4 Discussão

Condições de ocorrência: a densidade de *D. saccharalis* nos Estados de Goiás, Minas Gerais e Tocantins não foi muito elevada, no entanto no Estado do Mato Grosso a densidade foi alta, causando sérios danos ao arroz e

evidenciando a necessidade de controle. Ainda não foi constatado o aumento da densidade dessa praga na enorme área inundada da região do Rio Formoso em Tocantins. Caso aconteça esse aumento nessa área, uma estratégia de controle se tornará necessária.

Acredita-se que antes do plantio em larga escala de cana-de-açúcar, a *D. saccharalis* (Figura 1) completava seu ciclo de vida tendo como hospedeiros gramíneas silvestres e é provável que atualmente, ainda existam populações que evoluem seu ciclo de vida em plantas nativas. No Estado do Mato Grosso verificou-se severo ataque em arroz de sequeiro em área recém desbravada. Seria mais adequado acreditar que o ataque em arroz de sequeiro e inundado em área onde não existia plantio de cana-de-açúcar nas proximidades não seja causado pela migração de uma população atacando cana-de-açúcar, mas sim pela mudança de hospedeiro da população que atacava plantas silvestres, pela multiplicação por repetidas vezes em arroz que é mais preferido que as plantas silvestres, causando assim esse aumento na densidade populacional da *D. saccharalis*.



FIG. 1 - Adulto de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794).

Em grandes áreas com plantio de arroz inundado por muitas safras, à medida que o tempo de cultivo desde a abertura do solo vai aumentando, ocorre a formação de populações de insetos adaptados ao arroz. Aumentando assim gradativamente a sua densidade e aumentando também as chances de causar sérios danos. Neste caso, tornam-se altamente importantes os cuidados a serem tomados na ocasião do próximo ataque.

Desenvolvimento do método de criação de *D. saccharalis*: o estabelecimento de um método de criação é pré-requisito para se poder efetuar pesquisa sobre a biologia do inseto. A grande maioria dos pesquisadores vem definindo métodos de criação utilizando dietas artificiais. Para a criação de *D. saccharalis* testou-se a dieta de *Chilo suppressalis* acrescentando-se algumas alterações.

Houveram casos onde a dieta artificial foi bastante eficiente e casos onde não se mostraram bem adequadas, acreditando-se que a causa disso sejam as variações individuais. Observou-se também casos onde o crescimento transcorreu sem problemas após o deslocamento da larva para o fundo do frasco, mas a transformação em pupa não foi normal, com indivíduos morrendo durante este período. Não se espera que a transformação em pupa de espécies tropicais, seja homogênea como nas espécies temperadas, mas se crê que houveram problemas na composição da dieta. Assim, estudos adicionais são necessários.

Em relação à criação massal utilizando-se sementes germinadas, o desenvolvimento aconteceu sem problemas desde os estádios mais jovens até aos mais avançados, entretanto a mortalidade acelerou-se no estágio imediatamente anterior à transformação em pupa, reduzindo a percentagem de formação pupal. Na criação individual em recipientes cilíndricos de vidro, por sua vez, a percentagem de formação de pupa foi alta e o desenvolvimento transcorreu sem problemas. Não se acredita que a elevada queda da taxa de formação de pupa na criação massal seja causada pelas sementes de arroz germinadas apresentarem deficiência em termos de nutrientes. Portanto, estudos adicionais são necessários. Tem-se que, na criação individual com arroz germinado, a verificação da exúvia é simples e, com o acompanhamento da exúvia desde a eclosão, é possível realizar-se estudo de cada instar e do número de instares necessários, sendo este considerado como um método superior de acompanhamento do desenvolvimento. O método utilizando colmo de arroz durante a fase de desenvolvimento permitiu o desenvolvimento normal da larva com uma adequada taxa de emergência do adulto. Aliado às vantagens de se produzir facilmente arroz nos trópicos, em qualquer

época do ano, o método pode apresentar utilidade para criação visando a obtenção de ovos e adultos para a multiplicação massal de vespas parasitas.

Natureza do desenvolvimento do inseto: Existe uma relação entre temperatura e desenvolvimento de ovo, larva e pupa estudados, que foram criados individualmente com arroz germinado. Constatou-se que na faixa de temperatura de 20-30°C, a curva que expressa a velocidade de desenvolvimento é uma reta, onde o desenvolvimento é rápido em temperatura mais alta e lento em baixa temperatura. Analisando o desenvolvimento larval em arroz germinado, observa-se que ocorreu grande variação individual entre o número de instares do período larval até a fase de pupa. Outrossim, o desenvolvimento no método de criação massal, utilizando colmo de arroz, foi mais lento do que com a criação individual em arroz germinado. Não se conhece bem se a variação individual tem origem genética e também não se sabe se o desenvolvimento do inseto na criação com colmo de arroz é semelhante ao do campo, mas pelos resultados de estudo do desenvolvimento do ovo, lagarta e pupa, o ciclo de vida da *D. saccharalis* na região de Brasília seja o seguinte: como a temperatura média no verão é ao redor de 25°C, o ovo eclode com seis dias, a fase larval dura 35 dias, de pupa sete dias, necessitando de cerca de 45 dias para completar uma geração. Em áreas próximas à cidade de Gurupi-TO, onde a temperatura é superior à de Brasília, uma geração se completa em menos de 40 dias e presume-se que ocorram dois-três gerações por safra de arroz.

O arroz é cultivado de outubro a maio na região dos Cerrados em um período médio de 150 dias. São necessários cerca de 30 dias desde a semeadura até o perfilhamento, devido a isso, o período do ataque do colmo pelas pragas gira em torno de 120 dias. Entretanto, nos trópicos, as condições de temperatura são quase sempre favoráveis, e se houver fornecimento de água, há possibilidade de cultivo em qualquer época do ano e, considerando que já existem áreas de produção ininterrupta também de arroz inundado, e não acontecendo o fenômeno da diapausa das pragas nestas regiões, é possível também a ocorrência ininterrupta destas pragas. Tem-se que *D. saccharalis* existente na América do Norte apresenta diapausa (Fuchs et al., 1979), mas essa mesma espécie presente na região do Rio Formoso não sofre efeito de fotoperíodo (Tabela 10), não apresentando diapausa. Acredita-se que essa espécie no cerrado, não têm diapausa mesmo no inverno, quando não se planta arroz, completando seu ciclo de vida na brotações secundárias ou em outras gramíneas.

Pouco se sabe sobre estes fatos em relação aos danos em arroz, o que faz com que seja necessário a análise dos danos de acordo com o período de ataque.

5 Agradecimentos

Nossos agradecimentos a pesquisadora Dra. Maria Alice S. Oliveira e aos técnicos Antônio H. Barbosa, Janio F. Silva e Epaminondas de S. Vasconcelos, que muito contribuíram no decorrer do desenvolvimento da pesquisa.

6 Referências Bibliográficas

- FERREIRA, E.; MARTINS, J. F. da S. **Insetos prejudiciais ao arroz no Brasil e seu controle**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 67p. (EMBRAPA- CNPAP. Documentos, 11).
- FUCHS, J. A.; HARDING, J. A.; SMITH, J. W. Jr. Induction and termination of diapause in the sugar cane borer. **Annals Entomological Society of America**, v. 72, n. 2, p.271-274., 1979.
- HOLLOWAY, T. E.; HALEY, W. E. **The sugarcane moth borer in the United States Washington**. USDA Tech. Bull. n°. 41, p.1-77, 1928.
- KAMANO, S. Studies on artificial diets and laboratory rearing methods suitable for successive generation of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker. **Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. Tokio: Series n° 27**, p.1-51, 1973. Texto em japonês e resumo em inglês.
- KING, E. G.; HARTLEY, G. G. *Diatraea saccharalis*. In: SINGH, MOORE Handbook of insect rearing. Amsterdam: Elsevier, 1985. v. 1, p.265-270.

CRIAÇÃO MASSAL DE PERCEVEJOS POR DIETA ARTIFICIAL

Seiya Kamano¹; Roberto Teixeira Alves²; Ken-Ichi Kishino¹

RESUMO - Os percevejos são pragas importantes economicamente, na cultura da soja na região dos Cerrados. Estratégias modernas de controle de pragas requerem o estabelecimento de métodos de produção massal de insetos para controle biológico, resistência de plantas e outras aplicações. A pesquisa realizada no CPAC/EMBRAPA, no período de 10 de janeiro a 5 de março de 1989, foi sobre métodos de produção massal e técnicas de criação em dieta artificial e natural para percevejos da soja. A produção massal da espécie *Megalotomus pallescens* teve sucesso através do método simples com sementes de soja seca e solução de ácido ascórbico. Já a criação da espécie *Nezara viridula* teve sucesso com sementes secas de soja e de amendoim com solução de ácido ascórbico porém, a gaiola plástica utilizada para a criação do percevejo, precisou de um aperfeiçoamento para a criação massal. Ninfas (formas jovens) das espécies de percevejos *Nezara viridula*, *Acrosternum* sp., *Euschistus heros* e *Piezodorus guildinii* desenvolveram-se bem, até o estágio de adulto, em dieta artificial. No caso de ninfas de *Megalotomus pallescens*, se alimentaram da dieta artificial, mas não conseguiram mudar para o próximo instar. Para estabelecimento de uma produção massal de percevejos da soja para estudos de controle biológico, alguns aspectos ainda precisam ser melhores estudados como: estabelecimento de uma raça criada em laboratório, estabelecimento de um método de coleta de ovos de percevejos e equipamentos mais completos e adequados para a criação massal de percevejos da soja.

¹ Entomologia, Consultor da EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

Introdução

Foi citado por Kishino (1981) e Kobayashi (1987) que os percevejos são insetos importantes que danificam o principal produto dos cerrados, a soja. Atualmente existem várias experiências com resultados positivos, sobre a introdução do controle biológico para percevejos da soja. Utilizando-se as técnicas atuais, existe dificuldade na multiplicação dos inimigos naturais. Geralmente utiliza-se da técnica de procriar os hospedeiros para posteriormente, através desta, conseguir multiplicar o inimigo natural.

Foi esclarecido ainda que, das várias espécies de percevejos danosos à soja, alguns podem ser procriados massivamente através de uma dieta alternativa de soja desidratada ou um complexo de soja, amendoim e solução de ácido ascórbico (Kamano, não publicado). Baseado nesse método, foi experimentado a criação em massa dos percevejos *Megalotomus pallescens* e *Nezara viridula*. Como se sabe que existe a criação em massa através do desenvolvimento da dieta artificial, foi verificada a possibilidade de criação pela dieta artificial de várias espécies de percevejos.

Material e Métodos

Esta pesquisa foi executada durante o período de 25 de janeiro a 2 de março de 1989, num Laboratório sem controle de temperatura, umidade e fotoperíodo. Durante o período experimental a temperatura mínima foi de 23°C e a máxima de 29°C.

Os percevejos adultos utilizados nas pesquisas foram coletados em campo aberto de soja. Os ovos provenientes das fêmeas adultas coletadas foram utilizados nessa pesquisa.

A criação em massa do *M. pallescens* foi executada da seguinte maneira, isto é, confeccionou-se duas folhas de papel alumínio (20 cm x 25 cm), colocando-se cerca de 50 sementes de soja equidistantes umas das outras. Essas sementes foram coladas com uma fita adesiva nas duas partes laterais internas de uma gaiola de acrílico (30 cm x 20 cm x 30 cm, com a parte posterior fechada por uma tela). Como bebedouro foi utilizada uma placa de plástico com 9 cm de diâmetro e abriu-se um orifício de 7 mm de diâmetro no centro. Introduziu-se na vertical o papel filtro de 5 cm x 5 cm, em forma de canudo e dentro da placa de plástico foi colocada a solução de ácido ascórbico. A solução de ácido ascórbico é composta de 500 mg de

ácido ascórbico sódico, 250 mg de monohidroclorido L-sisteína dissolvidas em 1 litro de água (Tabela 1).

TABELA 1 - Composição da solução de ácido ascórbico.

Sódio L-ascorbato	500 mg
L-Cisteína monohidroclorídrica	250 mg
Água	1000 ml

Para criação em massa do *N. viridula* foram utilizados três recipientes, isto é, um circular (18 cm de diâmetro x 7 cm de altura), um retangular grande (26 x 16 x 5 cm) e um retangular pequeno (22 x 11 x 4,5 cm). Em cada recipiente foi aberto um orifício adequado e coberto com uma tela para que se possa fazer o controle de umidade. Como bebedouro foi utilizado a placa de plástico com o canudo de papel filtro, na vertical, e um chumaço de algodão (8 x 5 x 0,5 cm), abundantemente umedecido em solução de ácido ascórbico. E como dieta foi dado a semente de soja e amendoim colado em papel grosso.

Existem vários relatos sobre a dieta artificial para os percevejos. Porém, aqui utilizou-se uma dieta de composição melhorada da dieta utilizada para criação com sucesso do *Riptortus clavatus* (Kamano, 1980) conforme Tabelas 2, 3 e 4.

TABELA 2 - Composição da dieta artificial para percevejos.

Proteína de soja em pó	3,0 g
Mistura de aminoácidos	0,5 g
Amido de batata	1,5 g
Dextrina	1,5 g
Sacarose	0,5 g
Celulose em pó	2,5 g
B-Sistosterol	0,1 g
Mistura vitamínica	1,0 ml
Óleo de soja	2,0 ml
Água	6,0 ml

TABELA 3 - Mistura de aminoácidos.

L-alanina	200 mg	L-Lisina HCL	800 mg
L-Arginina HCL	400 mg	L-Metionina	200 mg
L-ácido arpartico	200 mg	L-Fenilalamina	800 mg
L-Cistina	200 mg	L-Prolina	400 mg
L-Ácido glutâmico	400 mg	L-Serina	800 mg
Glicina	200 mg	L-Trionina	400 mg
L-Histidina	200 mg	L-Triptofano	200 mg
L-Isoleucina	400 mg	L-Valina	400 mg
L-Leucina	800 mg	L-Tirosina	200 mg

TABELA 4 - Mistura vitamínica (mg por 1000 ml de água).

Tiamina hidrocloreídica	80
Riboflavina	80
Piridoxina hidrocloreídica	80
Ácido nicotínico	200
Pantotenato de cálcio	200
Ácido fólico	40
Biotina	4
Inositol	1000
Colina clorídica	2000

A dieta artificial foi composta da seguinte maneira. Antes de preparar a composição, foi preparada a mistura de aminoácidos (Tabela 3) e solução de mistura de vitaminas (se armazenados em geladeira, ambos podem ser preservados por 6 meses). Dentre os ingredientes da dieta artificial da Tabela 2, os desidratados foram pesados diretamente e colocados num pilão e misturados. Nessa mistura foram acrescentados a solução de vitaminas, óleo de soja, água e misturado ainda mais. Esta mistura foi espalhada em cima de uma folha de papel alumínio, numa espessura de 3 mm onde se fez um corte quadrado de 5 mm com uma faca, e logo após foi colocada num dessecador despressurizado durante 20 horas. A dieta após seca, ficou parecida um bolo, e foi submersa numa solução coloidal e novamente seca em cima de uma folha de alumínio (1,5 x 1,5 cm), transformando-se numa dieta envolvida com uma película coloidal.

A criação com dieta artificial foi efetuada da seguinte maneira: como recipiente da dieta artificial foi utilizado uma placa de plástico de 9 cm de diâmetro. Para bebedouro foi utilizado o chumaço de algodão de 2 x 2 cm abundantemente embebido na solução de ácido ascórbico ou colocando-se o

algodão embebido na solução de ácido ascórbico inserido num tubo de vidro com 5 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro na horizontal. Como ração, ofereceu-se aos insetos uma a duas unidades da dieta artificial coladas por pedaço de papel alumínio. Foram usadas ninfas a partir do 2º instar colocando-se de 5 a 10 ninfas por placa de Petri.

Resultados e Discussão

1. Criação massal em dieta artificial

Foi experimentada a criação massal do *M. pallescens* com o semente de soja seca e solução de ácido ascórbico com dieta artificial. Com isso, conseguiu-se 92 adultos após 35 dias de criação, a partir de 150 ninfas colocadas na gaiola, descrita anteriormente (sementes de soja coladas nas laterais interna e com bebedouro) e trocando-se apenas duas vezes a solução de ácido ascórbico. *M. pallescens* e *R. clavatus* são de gêneros diferentes porém a morfologia, assim como os hábitos são bastante parecidos. Foi muito interessante a constatação de que é possível a criação massal de ambos com o mesmo método de criação. Se for estabelecido o método de coleta de ovos, existirá a possibilidade de criação massal em larga escala. Sabe-se também, que a criação do *N. viridula* é possível pela dieta de soja, amendoim e solução de ácido ascórbico (Kamano, não publicado) e também sabe-se que é possível a criação de um conjunto de ovos (70 a 90) em uma placa de Petri, nos estágios de 1º a 3º instar. Então, para se desenvolver um método que possa criar cerca de 100 ninfas com estágio de 4º a 5º instar foram utilizados os três tipos de recipientes descritos anteriormente, experimentando-se 6 métodos diferentes variando a forma de dar água e a dieta.

A mortalidade na fase ninfal era grande e no melhor resultado foi conseguido 10% de adultos. Como causa do insucesso dessa experiência podemos pensar na inatividade das ninfas de 4º instar que muitas delas não conseguiam alcançar a dieta e o bebedouro. A umidade do recipiente, quando muito alta formava bolores, se muito baixa o ressecamento da solução. Pode-se pensar que é possível a criação em massa, determinando-se o método do controle de umidade e o método de dar dieta e água.

2. Criação por dieta artificial

Para coleta de ovos de 7 espécies de percevejos criadas em dieta artificial, os resultados obtidos foram os seguintes:

- (1) *Nezara viridula*: foram criados 40 ninfas de 2º instar e 90% se tornaram adultas. Porém, o período ninfal demorou de 4 a 5 dias a mais que as criadas com soja e amendoim.
- (2) *Acrosternum* sp.: o número de ninfas era pouco, 13, porém alimentaram-se bem da dieta artificial e 100% tornaram-se adultas.
- (3) *Euschistus heros*: as ninfas de 2º instar tiveram alguns problemas com a alimentação na dieta artificial. Porém aquelas que começaram a se alimentar cresceram normalmente.
- (4) *Piezodorus guildinii*: haviam muitas ninfas de 1º instar que não conseguiram se adaptar ao chumaço de algodão para o abastecimento de água (fisicamente). Aquelas que conseguiram se adaptar uma vez à água, se tornaram adultas, alimentando-se da dieta artificial.
- (5) *Megalotomus pallescens*: se alimentaram bem da dieta artificial, porém não conseguiram passar para o 3º instar, mesmo após 15 dias no 2º instar.
- (6) *Crinocerus sanitus*: Apesar de não ser danoso a soja, foi experimentado a criação pela dieta artificial. Estes alimentaram-se bem, porém nenhum se tornou adulto.

Como se pode constatar, os que se tornaram adultos pela dieta artificial, foram apenas duas espécies. As outras espécies se alimentaram bem e só numa parte que se tornou adulta. Então pode-se pensar na possibilidade da criação pela dieta artificial, melhorando o método de dar água e melhorando-se a composição da dieta.

Referências Bibliográficas

- KAMANO, S. Artificial diet for rearing bean bug, *Riptortus clavatus* THYNBERG. **Japan Journal Applied Entomology Zoology**, v. 24, p.184-188, 1987.
- KISHINO, K. Studies on the soybean attacking stinkbugs in the cerrados. **Research Report Agricultural Research Project in Brazil**. Tokyo: JICA. p.21-45. 1981.
- KOBAYASHI, K. Studies on the integrated control of soybean stinkbugs in the cerrados. **Research Report Agricultural Research Project in Brazil**. Tokyo: JICA. p.7-376. 1987.

INVESTIGATION ON ENTOMOGENOUS FUNGI IN THE CERRADO REGION AND THEIR UTILIZATION FOR MICROBIAL CONTROL OF PESTS

Mitsuaki Shimazu¹; Roberto Teixeira Alves²; Ken-Ichi Kishino¹

1. Objectives

The development of biological control methods is important for the control of insect pests on soybean, rice, bean, pastures, etc. which are cultivated in the Cerrado region. Although microbial control is one of the promising strategies among the biological control methods, information on the distribution or the biological characteristics of the pathogens in this region which is essential for microbial control is limited. Therefore, in order to develop a base for microbial control, entomogenous fungi prevailing in this region were collected, isolated, bioassayed, and preserved.

2. Materials and Methods

Collection of entomopathogens: Insect cadavers infected with fungi which were collected from various locations, along with those obtained by rearing of healthy insects from the field, were used as sources of isolation.

Identification of fungi: The fungi were identified by microscopical observation using cadavers or slide cultures.

¹ Entomology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

isolation of fungi: Sabouraud's dextrose agar medium containing 1% of yeast extract (SDY) was used for the isolation of the fungi. Fungi were isolated from conidia on the surface of cadavers, and when conidia were not formed on the cadavers, the fungi were kept in humid chambers at 25°C to allow sporulation. Conidia of Deuteromycetes were streaked on SDY plate, kept at 25°C for several days, and the isolated colonies were transferred to pure cultures. Conidia of Entomophthorales discharged from cadavers buried in plain agar were collected on a SDY plate, and pure cultures were obtained. *Metarhizium anisopliae* in soil samples were directly isolated by using Yaginuma's selective medium (Table 1). Two gram of each soil sample collected from various sites was suspended in 200 ml of sterilized distilled water, and applied on the surface of Yaginuma's medium directly or after 10 or 100 time dilution, and kept at 25°C to obtain colonies of *M. anisopliae*. The isolated fungi were cultured on SDY slant media for subculturing, preservation and as inocula.

TABLE 1 - Composition of Yaginuma's medium.

Oatmeal	30 g
75% PCNB W.P. ^a	0.67 g
58% Basic CuSO ₄ W.P. ^a	0.86 g
Chloramphenicol ^a	0.3 g
Streptomycine sulphate ^a	0.3 g
Agar	20 g
D.W.	1000 ml
pH	6.0

^a Added after autoclaving.

Comparison of virulence of fungal isolates: Virulence of isolates of *Beauveria bassiana* against *Nezara viridula* was compared. The isolates used in this experiment consisted of #7 isolated from a larva of *Diatraea*

saccharalis collected from DF which had died during rearing in the laboratory, #11 isolated from an adult of Pentatomidae collected from DF, and F-287 isolated from *Aphrophora rugosa* collected from Japan. These isolates were cultured on SDY slants and the conidia were suspended in distilled water with 100 ppm of Tween 20 and diluted to obtain a conidial concentration of 1×10^7 to 1×10^3 /ml. The experimental insects consisted of 2nd instar nymphs of *Nezara viridula* which had been reared from eggs obtained from adults collected in the field. The insects were dipped into each suspension and reared after the inoculation. Each batch of 10 insects was reared in a Petri dish 6 cm in diameter with peanuts and water at 25°C under long day conditions (14L-10D). Cadavers obtained during the rearing were placed in humid chambers to allow outer fungal growth, and examined under a microscope to determine whether they were killed by the inoculated fungi.

Miscellaneous: Brazilian and Japanese methods of isolation of fungi from soil samples with healthy insects, culture of fungi, preservation, etc. were compared and suggestions were made if necessary. EMPA was visited and the facilities for microbial control experiments were inspected.

3. Results and Discussion

Collection and identification of fungi: The fungi isolated from cadavers of insects that were collected are indicated in Table 2 and Figures 1 to 10. As the specimens from each study site were collected from various areas, although the numbers of cadavers at each site were not directly proportional to the infection rate of the host populations, they reflected the density of cadavers. As soybean fields were investigated frequently, *B. bassiana* on Chrysomelidae and *N. rileyi* on Lepidoptera were frequently detected. These fungal species are also common species in Japan. Although *B. brongniartii* and *Paecilomyces farinosus* are rather common species in Japan, they were not found in our studies, but *P. farinosus* was reported on *Spaethiella tristis* in oil palm plantation in Amazon State (Garcia et al. 1988).

TABLE 2 - Materials collected.

Locality	Host	Pathogen	Number of specimens collected
A	LEPIDOPTERA sp. AD.	<i>Beauveria bassiana</i> *	1
	<i>Lagria villosa</i> LA *	<i>Paecilomyces</i> sp. *	3
B	<i>Anticarsia gemmatalis</i> LA *	<i>Nomuraea rileyi</i> *	6
	LEPIDOPTERA sp. LA.	<i>Beauveria bassiana</i> *	1
	<i>Lagria villosa</i> AD *	<i>Conidiobolus apiculatus</i> *	8
C	<i>Anticarsia gemmatalis</i> LA. *	<i>Nomuraea rileyi</i> †	1
	<i>Cerotoma</i> sp. AD (reared) *	<i>Beauveria bassiana</i> *	1
	<i>Lagria villosa</i> LA *	<i>Paecilomyces</i> sp. *	1
	COLEOPTERA sp. AD *	<i>Beauveria bassiana</i> *	3
	COLEOPTERA sp. AD *	<i>Metarhizium anisopliae</i> *	2
	CURCULIONIDAE sp. AD *	<i>Beauveria bassiana</i> *	2
	COLEOPTERA sp. AD *	<i>Beauveria bassiana</i> *	1
	PENTATOMIDAE sp. AD *	<i>Beauveria bassiana</i> *	1
D	COLEOPTERA sp. AD *	<i>Beauveria bassiana</i> *	1
E	<i>Anticarsia gemmatalis</i> LA. *	<i>Nomuraea rileyi</i> *	1
	<i>Diabrotica speciosa</i> AD *	<i>Beauveria bassiana</i> *	4
	<i>Maecolaspis</i> sp. AD *	<i>Beauveria bassiana</i> *	6
	CHRYSOMELIDAE sp. AD *	<i>Beauveria bassiana</i> *	1
	DERMAPTERA spp. (2 spp.) AD *	<i>Beauveria bassiana</i> *	3
	PENTATOMIDAE sp. AD *	<i>Beauveria bassiana</i> *	1
F	LEPIDOPTERA sp. LA. *	<i>Nomuraea rileyi</i> ✓	9
G	<i>Hortensia</i> sp. NI, AD *	<i>Conidiobolus apiculatus</i> *	44
	ORTHOPTERA sp. ? *	<i>Hymenostilbe</i> sp. *	1
H	<i>Anticarsia gemmatalis</i> LA. *	<i>Nomuraea rileyi</i> *	6
	<i>Diatraea saccharalis</i> AD *	<i>Akanthomyces gracilis</i> *	7
	LEPIDOPTERA sp. AD. †	<i>Akanthomyces</i> sp. *	2
	<i>Cerotoma</i> sp. AD *	<i>Beauveria bassiana</i> *	6
	<i>Diabrotica speciosa</i> AD. †	<i>Beauveria bassiana</i> *	29
I	<i>Cerotoma</i> sp. AD. †	<i>Beauveria bassiana</i> *	1
	<i>Diabrotica speciosa</i> AD.	<i>Beauveria bassiana</i> *	1
	<i>Maecolaspis</i> sp. AD	<i>Beauveria bassiana</i> *	1
	<i>Neobaridia amplipennis</i> AD.	<i>Beauveria bassiana</i> *	1
	<i>Lagria villosa</i> AD. *	<i>Metarhizium anisopliae</i> *	1
J	<i>Leptopharsa heveae</i> LA, AD *	<i>Hirsutiella</i> sp. *	8
K	<i>Diatraea saccharalis</i> LA. *	<i>Beauveria bassiana</i> *	2
	<i>Nezara viridula</i> NI *	<i>Serratia marcescens</i> *	1

A: Soybean field, CPAC Campus

B: Soybean field in DF

C: Soybean field & weeds, Sítio Asano, Rio Preto PAD DF

D: Pastures DF

E: Soybean field, Fazenda Tanani, DF

F: Cowpea field, CNPAF Campus, GO

G: Rice paddy, CNPAF, GO

H: Soybean field, Fazenda Itamarati, MT

I: Experimental field of rice & soybean, Alcohol Factory, Fazenda Itamarati, MT

J: Rubber plantation, Fazenda Itamarati, MT

K: Insects reared in laboratory

AD: Adult

LA: Larvae

NI: Nymph



FIG. 1 - Infection of *Diabrotica speciosa* with *Beauveria bassiana*.



FIG. 2 - Infection of *Anticarsia gemmatalis* with *Nomuraea rileyi*.



FIG. 3 - Infection of *Lagria villosa* with *Conidiobolus apiculatus*.



FIG. 4 - Infection of *Lagria villosa* with *Paecilomyces* sp.

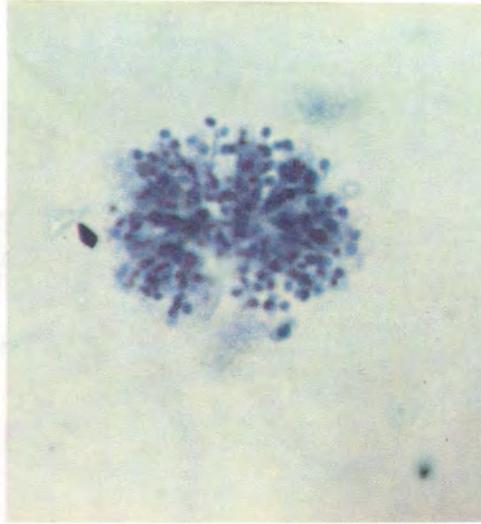


FIG. 5 - Structure of conidia of *Beauveria bassiana*.

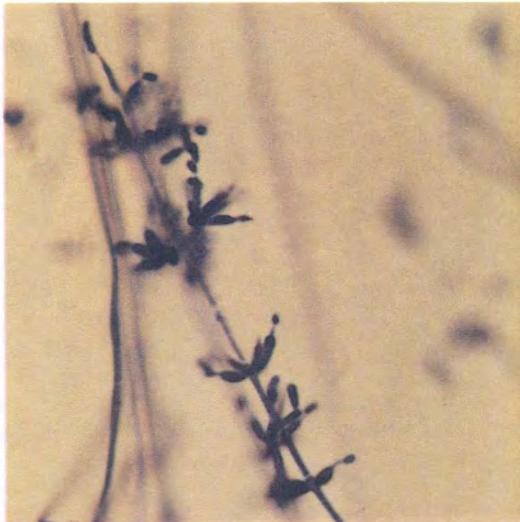


FIG. 6 - Structure of conidia of *Paecilomyces* sp.

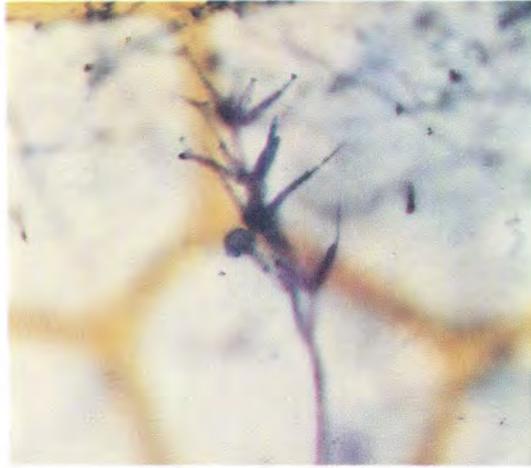


FIG. 7 - Structure of conidia of *Hirsutella* sp.

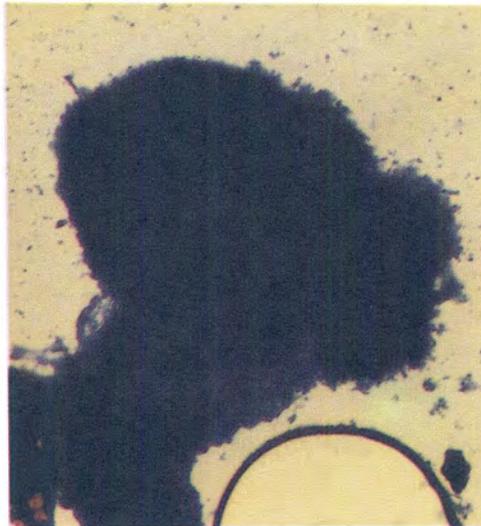


FIG. 8 - Synnema of *Akanthomyces gracilis*.

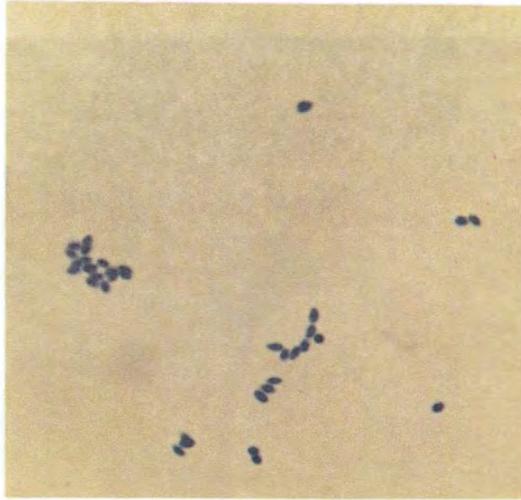


FIG. 9 - Conidia of *Nomuraea rileyi*.



FIG. 10 - Conidia of *Metarhizium anisopliae*.

Sporothrix insectorum which has been reported as parasite on *Leptopharsa heveae* in Brazil, one of the important pests of rubber trees, was not found on *L. heveae* in the Fazenda Itamarati-MT. However, an other fungus, *Hirsutella* sp. was detected on it in MT. *Sporothrix insectorum* is extensively used for biological control of *Leptopharsa heveae* on rubber plantation in Mato Grosso State. *Hirsutella verticillioides* is also utilized as biological control agent, but it is endemic on *L. heveae* population in Para and Mato Grosso State (Charles, 1937; Junqueira et al. 1987). The other entomogenous fungi have been reported by Alves, R.T. 1986 and Alves, S.B. 1985). A specie of *Paecilomyces* on *Lagria villosa* was rather often found in DF. This specie may be a new species of *Paecilomyces*, and it will be necessary to investigate it in detail. These entomogenic fungi have also been reported by several investigators (Alves, R.T. 1986; Alves, S.B. 1985; Charles, 1937; Junqueira et al. 1987).

Isolation of fungi: The isolates obtained from the cadavers are listed in Table 3. Different isolates were prepared if the collection sites were different even when the fungal species and the host species were the same. Among the isolates, *B. bassiana* was the most common fungus. *Hirsutella* sp. on *L. heveae*, and *Akanthomyces* spp. on Lepidoptera adults were too old to be isolated. The isolates are preserved at CPAC, and can be used when needed.

TABLE 3 - Fungi isolated from the cadavers.

Species of fungus	Number of isolates
Bacteria	
<i>Serratia marcescens</i>	1
Fungi	
Zygomycetes: Entomophthorales	
<i>Conidiobolus apiculatus</i>	3
Deuteromycetes: Moniliales	
<i>Beauveria bassiana</i>	20
<i>Metarhizium anisopliae</i>	3
<i>Nomuraea rileyi</i>	2
<i>Paecilomyces</i> sp.	4

Comparison of virulence: The mortality rate of *N. viridula* dipped in the fungal suspensions is listed in Table 4. Mortality by *B. bassiana* was observed only in the plot of 1×10^6 and 1×10^7 ml of isolate #7. Mortality caused by other isolates was not detected. Insects inoculated with fungi

easily develop Septicemia and the mortality rate by other causes often increases. However in this experiment, there was no correlation between the inoculum size and mortality or the number of days after inoculation until death, and the effect of the inoculation was only confirmed by the mortality of 2 individuals. Also, the LC_{50} values could not be calculated due to the low mortality of the fungi. This phenomenon can be ascribed to the low virulence of the fungi, or the moulting of the insects before the invasion of the fungi in their hemocoels. This assumption is based on the fact that 28% of the insects moulted within 1 day and 72% within two days after the inoculation. Therefore, it is preferable to use old instar nymphs which have a longer instar period or adults for infection experiments with *N. viridula*.

TABLE 4 - Mortality of *Nezara viridula* inoculated with isolates of *Beauveria bassiana*^a (mortality with inoculated fungus is indicated []).

Isolate number	Concentration (conidia/ml)	Mortality (%)	Days to death	
			mean	s.e.
control	0	55	17.5	10.1
#7	10^3	50	19.8	20.3
	10^4	56	23.4	19.0
	10^5	58	11.6	6.7
	10^6	45[5]	16.4[7]	10.3
	10^7	63[5]	19.3[5]	9.7
#11	10^3	58	15.0	18.9
	10^4	60	10.1	5.6
	10^5	65	20.8	28.6
	10^6	65	26.2	18.2
	10^7	58	27.8	16.1
F-287	10^3	65	15.6	16.6
	10^4	56	15.5	20.2
	10^5	55	17.8	13.0
	10^6	46	12.8	8.8

^a Ten individuals x 2, who died accidentally during the experiments were excluded from the number.

Miscellaneous: As techniques of isolation of pathogens from soil samples using living insects had not been applied at CPAC, this method was introduced and demonstrated. However, suitable insects were not reared at CPAC, and the technique was not practiced. It is suggested that in the entomology laboratory of EMPA provision should be made for the construction of rooms for mass production of fungi and mass-rearing of insects.

4. Problems

- (1) The minimum equipment required for studies on microorganisms has been provided and it is possible to carry to research. However, in order to handle microbes efficiently, gas burners are necessary and gas pipes should be supplied. Also, laboratories for aseptic work should have ceilings.
- (2) Some enterprises in Brazil have been producing *M. anisopliae* several years ago, and the utilization is more developed than in Japan.

However, when the conidial suspension is inoculated directly to autoclaved rice, fungal growth is slow and contamination may occur. If shaking cultures are used, far more inocula could be readily obtained and growth could become faster. Therefore, it is preferable to use a shaker incubator.

- (3) Fungi should be preserved in liquid nitrogen or in deep freezers at 100°C. Fungi are preserved in sterilized water at CPAC, and this method is considered to be superior to subculturing on media.
- (4) Microbial control cannot be successfully achieved without using appropriate pathogens, conditions, and application methods. These conditions depend of the target insect, pathogens used, and area for application. To obtain appropriate pathogens, it is necessary to collect them from various areas, and to conduct bioassays. For bioassays, the biology and ecology of target insects should be studied and these insects need to be reared through out the year. In the present experiment, the number and species of experimental insects were not sufficient, and proper infection experiments could not be conducted. It is thus necessary to set up a system to rear experimental insects for routine work at CPAC.

References Bibliografics

- ALVES, R.T. **Determinação das exigências técnicas e hídricas do fungo *Metarhizium anisopliae* (Metsch. Sorokin, 1883).** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1986. 131 p. Tese de Mestrado.
- ALVES, S.B. **Patologia de insetos.** Piracicaba, SP: ESALQ, 1985. 580p. Apostila do Curso de pós-graduação em Entomologia.

- CHARLES, V.K. A fungus on lace bug. *Micology*, v.29, p.216-221, 1937.
- GARCIA, M.V.B.; JUNQUEIRA, N.T.V.; MORAES, L.A.C. Efeito do horário de aplicação na eficiência do fungo *Sporothrix insectorum* para o controle biológico da mosca-de-renda em seringueira. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS E VETORES, 1, 1988. Rio de Janeiro. **Resumos**. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 1988. n.30.
- JUNQUEIRA, N.T.V.; LIMA, M.I.P.M.; MARTINS, M.A.M.; MAGALHÃES, F.E.L. **Isolamento e cultivo do fungo *Sporothrix insectorum* Hooy e Evans a ser utilizado para o controle da mosca-de-renda da seringueira**. Manaus: EMBRAPA-CNPSD, 1987. 4 p.

ISOLATION AND USE OF ENTOMOGENOUS FUNGI IN THE CERRADOS FOR THE CONTROL OF INSECT PESTS

Katsuhiko Yaginuma¹; Roberto Teixeira Alves²; Ken-Ichi Kishino³

Introduction

In the Cerrado region, soybean, bean and rice are cultivated in addition to grassland agriculture. A large number of insecticides has been used for the control of insect pests attacking these crops. Among other methods, there are a few studies on microbial control using entomopathogenic fungi. Entomogenous fungi were collected, isolated from soil and bioassayed in order to study their distribution in soil at biological characteristics.

Materials and Methods

1. Collection of entomopathogens

1.1 Isolation from cadavers of insects killed by fungi

Insect cadavers were collected from various fields. Sabouraud's dextrose agar mediums supplemented with 0.5% yeast extract (SDY) containing 100 ppm of Chloramphenicol was used for the isolation of the fungi. Fungi were isolated from conidia on cadavers. When no conidium was observed, the cadavers were kept in humid chambers for conidium formation after sterilization of the surface with a solution of chlorinated lime. Conidia were streaked on a plate, incubated at 27°C, and isolated colonies were transferred to pure culture.

¹ Entomology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

³ Entomology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

1.2 Isolation of entomogenous fungi from soil

Soil samples were collected from various locations. Three selective media were Yaginuma's medium, Veen's medium and Baath's medium (Yaginuma, 1986), used for the isolation of entomogenous fungi, *Metarhizium*, *Beauveria* and *Paecilomyces* (Table 1, Figure 1 and Figure 2). One gram of each soil sample was suspended in 9 ml of sterilized distilled water containing 0.04% Tween 40, and shaken during 15 minutes. Two ml of the soil-suspension was mixed with 8 ml of sterilized distilled water, and 0.5 ml was inoculated on each selective medium. The solution was incubated at 27°C to obtain colonies of entomogenous fungi. Isolated colonies were transferred to plates of SDY, and sporulated. Densities of *M. anisopliae* in the soil samples were estimated by counting the colonies on medium.

TABLE 1 - Composition of three selective media.

Yaginuma's medium	
(Selective medium for isolation of <i>Metarhizium</i>)	
Oatmeal	30 g
distilled water	1000 ml
Agar	20 g
pH	6.0
(After autoclaving)	
75% PCNB W.P.	0.67 g
58% Basic copper sulfate W.P.	0.86 g
Chloramphenicol	0.3 g
Streptomycin sulfate	0.3 g
Veen's medium	
(Selective medium for isolation of <i>Beauveria</i> and <i>Metarhizium</i>)	
Dextrose	10 g
Peptone	10 g
Ox gall powder	15 g
Rose bengal	66 mg
Agar	30 g
Distilled water	1000 ml
(After autoclaving)	
Chloramphenicol	500 mg
Cycloheximide	250 mg
Baath's medium	
(Selective medium for isolation of <i>Paecilomyces</i> and <i>Metarhizium</i>)	
Malt extract	20 g
Agar	15 g
Distilled water	1000 ml
(After autoclaving)	
CuSO ₄	400 mg

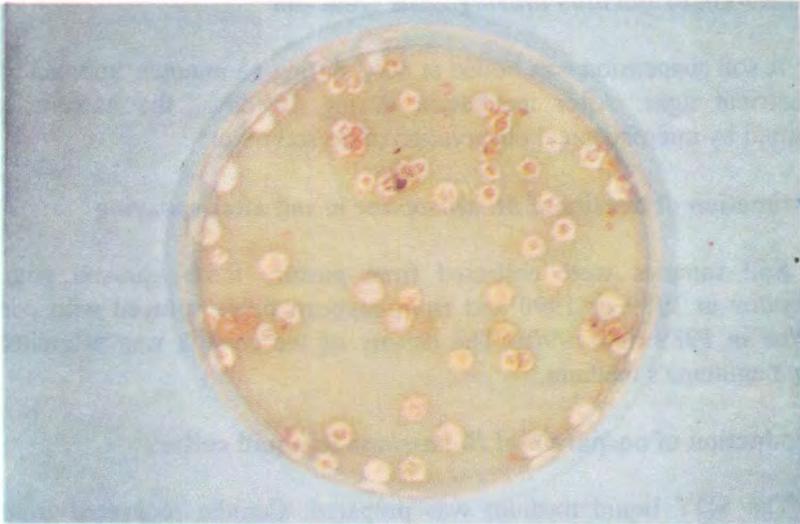


FIG. 1 - Yaginuma's medium for isolation of *Metarhizium anisopliae*.



FIG. 2 - Colonies of *Metarhizium anisopliae* on Veen's medium (upper) and Baath's medium.

1.3 Isolation of *Bacillus thuringiensis* from soil

A soil suspension was boiled at 80°C during 15 minutes, and inoculated on nutrient agar. After incubation during 10 days, the bacteria were identified by microscopical observation of crystal toxin.

2. Estimation of density of *M. anisopliae* in soil after spraying

Soil samples were collected from pasture fields sprayed with *M. anisopliae* in 1989 or 1990 and from soybean fields sprayed with conidia (10^{12} /ha in 1989 and 1990). The density of the conidia was estimated by using Yaginuma's medium.

3. Production of oosporein of *B. bassiana* in liquid culture

The SDY liquid medium was prepared. Conidia recovered from 32 isolates from insect cadavers were inoculated in the medium, and shaken at room temperature during 7 days. Secretion of oosporein into the medium was detected by a change of color to red (Figure 3).



FIG. 3 - Liquid medium turning red by secretion of oosporein.

4. Survival of conidia of *B. bassiana* on leaf in soybean field

The isolates used in this experiment consisted of #1-4 isolated from *Cerotoma arcuata*. The isolates were cultured on rice (Figure 4), and the conidia were suspended in distilled water with 0.1% of Tween 40 and a suspension of 4.2×10^8 /ml was sprayed on soybean. The soybean leaves were collected immediately after spraying, after 3 and 7 days. Five leaves collected were suspended in water with 0.1% Tween 40. The suspension was inoculated on plates of Veen's medium.



FIG. 4 - Isolates of *Beauveria bassiana* cultured on rice.

5. Comparison of virulence of isolates

Virulence of isolates of *B. bassiana* against the lace bug, *Vatiga illudens* was compared. Isolates #1-1, #5-1 and #7-1 from *Cerotoma arcuata*, FRB49 and FRB101 from sting bug and FRB97 from spittle bug were tested. These isolates were cultured on rice (Figure 4). Ten grains of rice were suspended in 10 ml of water with 0.1% Tween 40, and diluted with

water 10 to 1000 times. Nymphs and adults of the insects were collected from a cassava field. Leaves of cassava were dipped into each suspension. Approximately 8 or 10 insects were reared with a leaf dipped in a Petri dish at room temperature.

Results and Discussion

1. Collection of entomopathogens

1.1 Isolation from cadavers of insects killed by fungi

The cadavers of the insects killed by the fungi collected are shown in Table 2. Many cadavers of Coleoptera insects infected with *B. bassiana* were collected from soybean fields. Some cadavers of sting bugs and ants infected with *B. bassiana* were observed in soybean fields.

TABLE 2 - Insect cadavers collected.

Locality	Field	Host	Pathogen	Number of cadavers collected
DF	Soybean	<i>Cerotoma arcuata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	6
		<i>Diabrotica speciosa</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	2
		<i>Nezara viridula</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	1
		ant	<i>Beauveria bassiana</i>	1
		LEPIDOPTERA sp.	<i>Nomurae rileyi</i>	3
DF	Soybean	<i>Cerotoma arcuata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	6
		<i>Diabrotica speciosa</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	1
DF	Soybean	<i>Cerotoma arcuata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	2
DF	Soybean	<i>Cerotoma arcuata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	2
		<i>Diabrotica speciosa</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	1
DF	Soybean	<i>Cerotoma arcuata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	11
		<i>Diabrotica speciosa</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	2
		COLEOPTERA sp.	<i>Beauveria bassiana</i>	1
		LEPIDOPTERA sp.	<i>Beauveria bassiana</i>	1
Itamarati	Soybean	<i>Cerotoma arcuata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	11
MT		LEPIDOPTERA sp.	<i>Nomurae rileyi</i>	3
Itamarati	Cotton	LEPIDOPTERA sp.	<i>Nomurae rileyi</i>	1
MT				
Itamarati	Soybean	<i>Euschistus heros</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	5
MT		COLEOPTERA sp.	<i>Metarhizium anisopliae</i>	1
Itamarati	Soybean	<i>Cerotoma arcuata</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	4
MT				
Manaus	Forest		<i>Beauveria bassiana</i>	1
			<i>Aschersonia</i> sp.	1

1.2 Isolation of entomogenous fungi from soil

The results of detection of fungi from soil by using three kinds of selective media are shown in Table 3. *M. anisopliae* was detected in 42 of the 45 soil samples collected. As the soil samples were collected mainly from soybean fields, the detection rate was about 93%, a value higher than that recorded in Japan. *B. bassiana* was detected only from 4 soil samples in spite of the large number of insect cadavers with the fungus found in fields.

TABLE 3 - Number of soil samples from which entomogenous fungi were detected by using three kinds of selective media.

Locality	N° of soil samples collected	N° of soil samples where the fungi were detected		
		<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Paecilomyces</i> sp.
DF	20	20	4	0
Itamarati	18	17	0	0
Foz de Iguaçu	4	2	0	0
Manaus	3	3	0	1
Total	45	42	4	1

The population of *M. anisopliae* in the soil samples which is shown in Table 4, ranged from 5.2×10 to 1.9×10^4 colony-forming unit(CFU)/g dried soil. These results were similar to those obtained in Japan. Yaginuma's medium was particularly useful for the estimation of the density of the fungus composed with other media.

TABLE 4 - Population of *Metarhizium anisopliae* in soil.

Sample nº	Locality	Field	Population of <i>Metarhizium anisopliae</i> (CFU/g dried soil)		
			Yaginuma's	Veen's	Baath's
1	DF	soybean	2.0×10^4	0	2.6×10^2
2	DF	soybean	1.7×10^4	0	0
3	DF	soybean	1.8×10^3	0	0
4	DF	soybean	1.9×10^4	0	0
5	DF	soybean	3.8×10^3	0	0
6	DF	soybean	2.8×10^3	0	6.7×10^2
7	DF	soybean	2.0×10^3	0	0
8	DF	soybean	5.2×10^3	0	0
9	DF	soybean	2.6×10^3	6.2×10^2	0
10	DF	soybean	2.2×10^3	0	1.3×10^2
11	DF	soybean	8.4×10^3	0	0
12	DF	soybean	4.9×10^2	0	4.9×10^2
13	DF	soybean	1.2×10^4	8.4×10^3	1.3×10^2
14	DF	soybean	2.8×10^3	3.4×10^3	0
15	DF	soybean	7.2×10^2	0	0
16	DF	soybean	1.8×10^4	0	0
17	DF	soybean	6.4×10^3	0	0
18	DF	pasture	1.0×10^3	0	4.5×10^2
19	DF	pasture	4.2×10^2	0	2.8×10^2
20	DF	pasture	2.4×10^3	0	3.1×10^3
21	Itamarati	paddy	2.6×10^3	0	0
22	Itamarati	cotton	1.2×10^4	3.8×10^2	0
23	Itamarati	soybean	1.6×10^4	2.6×10^2	2.6×10^2
24	Itamarati	bean	6.2×10^3	0	0
25	Itamarati	soybean	7.8×10^2	2.7×10^2	0
26	Itamarati	soybean	2.8×10^3	7.7×10^2	0
27	Itamarati	bean	1.1×10^4	3.8×10^3	0
28	Itamarati	soybean	1.4×10^4	3.0×10^3	7.8×10^2
29	Itamarati	pasture	0	0	0
30	Itamarati	pasture	0	1.0×10^2	0
31	Itamarati	soybean	7.1×10^3	0	0
32	Itamarati	soybean	9.6×10^2	0	0
33	Itamarati	cotton	1.1×10^3	1.8×10^3	0
34	Itamarati	soybean	4.5×10^3	1.3×10^3	1.3×10^2
35	Itamarati	uncultivated	0	1.1×10^2	0
36	Itamarati	uncultivated	5.2×10	0	4.1×10^2
37	Itamarati	rubber tree	3.1×10^3	0	0
38	Itamarati	rubber tree	5.4×10	0	0
39	Foz de Iguaçu	forest	0	0	0
40	Foz de Iguaçu	forest	0	0	0
41	Foz de Iguaçu	forest	4.3×10^2	0	0
42	Foz de Iguaçu	forest	3.1×10^2	0	0
43	Manaus	forest	1.4×10^2	0	0
44	Manaus	forest	2.2×10^2	0	1.1×10^2
45	Manaus	forest	8.0×10^2	4.0×10^2	6.7×10^2

1.3 Isolation of *Bacillus thuringiensis* from soil

Bacillus thuringiensis was not detected from the soil samples. As isolates of *B. thuringiensis* pathogenic to Coleoptera have been discovered recently, it will be necessary to continue this investigation.

2. Estimation of population of *M. anisopliae* in soil after spraying

As shown in Table 5, the population of *M. anisopliae* in the samples of soils from a grassland after spraying in 1990 were higher than those in 1989 and the control. These results indicate that the population of *M. anisopliae* in soil decreased with time. In the soybean fields, the density of the fungus in the soil samples after spraying were not different from that of the control (Table 5).

TABLE 5- Population of *Metarhizium anisopliae* in pasture field and soybean field after spraying.

Treatment	Sampling	Pasture field	Soybean field
<i>M. anisopliae</i> was sprayed in 1989	1	2.1×10^3	1.7×10^3
	2	9.3×10^3	3.8×10^3
	3	1.2×10^3	4.3×10^3
<i>M. anisopliae</i> was sprayed in 1990	1	1.2×10^4	
	2	1.3×10^4	
	3	1.4×10^4	
CK	1	1.2×10^2	1.4×10^3
	2	1.3×10^2	2.0×10^3
	3	1.4×10^2	1.4×10^4

3. Production of oosporein of *B. bassiana* in liquid culture

Five isolates of *B. bassiana* did not produce oosporein in liquid culture. It has been reported that the substance is also produced by other fungi, and is harmful to birds. Therefore, the isolates which did not produce oosporein could be used for the microbiological control of insect pests.

4. Survival of conidia of *B. bassiana* on leaf in soybean field

The number of conidia on 5 leaves of soybean collected immediately after spraying, and after 3 and 7 days was estimated to be 3.0×10^7 , 6.2×10^5 and 4.8×10^5 , respectively. After 3 days, the number decreased by about one fiftieth, but after 7 days, it did not decrease appreciably, presumably due to the lack of rain during the experiment. If it had rained, the number may have decreased more conspicuously.

5. Comparison of virulence of isolates

Mortality of *Vatiga illudens* reared on leaves dipped in a conidial suspension is shown in Table 6. The nymphs of the insect were more susceptible to all the isolates than the adults. After 3 days, cadavers of the insects killed by the fungus were already found. Most of the conidia were produced from ten grains of rice in the case of the isolates #5-1 and #7-1, and the highest mortality rate was also observed for the same isolates. As the concentration of the suspension of each isolate differed, the virulence of the isolates could not be compared directly to that of other isolates. The LC50 values were not calculated due to the high mortality rate of the different isolates of the fungi. It was considered that the isolates #5-1 and #7-1 could be used for the control of the insect in this experiment.

TABLE 6 - Mortality of adult and nymph of lace bug, *Vatiga illudens* inoculated with isolates of *Beauveria bassiana*. (After 4 days).

	FRB49		FRB97		FBB101		#1-1		#5-1		#7-1	
	A*	N**	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N
undiluted	100***	100	87.5	100	90	100	100	100	100	100	100	100
1/10	37.5	100	62.5	100	100	100	70	80	70	100	100	100
1/100	37.5	37.5	62.5	87.5	60	100	50	90	60	50	70	60
1/1000	12.5	12.5	0	12.5	30	0	50	80	50	50	80	80

Concentration of undiluted solution of FRB49, FRB97, FBB101, #1-1, #5-1 and #7-1 were 8×10^7 , 7.2×10^7 , 3.0×10^8 , 1.8×10^8 , 4.5×10^8 and 4.2×10^8 /ml, respectively.

Mortality of control was 0%.

* A: adult

** N: nymph

*** percentage

Reference Bibliografic

- YAGINUMA, K. and TAKAGI, K. Improvement of a selective medium for isolation of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin. **Japan Journal of Applied Entomology and Zoology**, v. 30, p.300-301, 1986.

CLASSIFICATION OF STRAINS OF SOYBEAN MOSAIC VIRUS AND SEED TRANSMISSIBILITY

Norio Iizuka¹; Maria José D'Avila Charchar²

SUMMARY - Five isolates of soybean mosaic virus (SMV) were collected from soybean fields in the Cerrados, and five variants were derived from these isolates by passage through some resistant varieties. They were divided into 5 strain groups (Groups I-V) based on the pathogenicity to six soybean varieties. Also, the 130 soybean varieties and/or lines tested were divided into 6 varietal groups on the basis of the responses to the 5 virus strain groups. All the isolates obtained from soybean fields belonged to Group I, and showed higher rates of seed transmission compared with the other strain groups. All the SMV strains were transmitted through soybean seeds, and the rates varied with the virus strains, soybean varieties and infection period.

Key words: soybean mosaic virus, virus strain, seed transmission.

Introduction

The disease caused by soybean mosaic virus (SMV) is one of the most important viral diseases of soybeans, *Glycine max* (L) Merr., worldwide. Yield reductions of up to 35% have been recorded in SMV-susceptible varieties (Ross, 1977). The disease is transmitted by many species of aphids and through seeds from infected soybean plants (Bos, 1972). In Brazil also, the disease is one of the most important viral diseases of soybeans, and the identification of the pathogen, distribution of the disease, strains of the virus, etc., have been reported (Almeida, 1978; Almeida, 1981; Anjos, 1985).

¹ Phytopathology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

The worldwide distribution of SMV is primarily a consequence of its seed-borne nature. Seed transmission properties of SMV have been reported. It is generally recognized that the virus is transmitted in variable proportion to the seeds produced by virus-infected plants, depending on the soybean varieties and growth stage at which the plants become infected. Minimal or no transmission occurs if a plant is infected after the flowering stage (Iizuka, 1973; Bowers, 1979).

Pathogenic variation among SMV isolated and various types of soybean reactions have been reported. SMV isolates which were collected from infected soybean seeds, were classified into 7 strain Groups(G1-G7) in USA (Cho and Goodman, 1979). Many SMV isolates obtained from infected soybean plants were classified into 5 strains(A-E) in Japan (Takahashi et al., 1980), and ten isolates were classified into 3 strains (Ms1-Ms3) in Brazil (Almeida, 1981). All of the strains were classified based on the reactions of several soybean differentials. Since the strains of SMV may differ in their effects on soybeans, breeding programs for mosaic-resistant varieties should include studies on pathogenic variation among virus isolates, and determine whether SMV resistance in soybean is adequate for the breeding of resistant soybean varieties.

Our studies were undertaken to classify the isolates of SMV occurring in the Cerrados, and to analyse the virulence of these isolates to soybean varieties and/or lines. Also, the present studies aimed at determining whether soybean varieties, SMV isolates and/or selected conditions are the factors responsible for the low level or absence of seed transmission of SMV in soybeans.

Materials and Methods

Source of SMV isolates and differentiation of SMV strains: two isolates (Cp1 and Cp2) were obtained from soybean plants affected by the disease in a field of CPAC(DF) on January 1988, two isolates(Mt1 and Mt2) were collected from field-grown soybean in Lucas do Rio Verde(MT) on February 1988, and one isolate was collected from a field in Barreiras(BA) in March 1989. Seeds of 99 soybean varieties and/or lines were provided from CNPSoja and CPAC, 31 soybean varieties and/or lines (19 originating from Japan, seven from USA, four from Korea and one from Indonesia) were

introduced from Japan (Importação No. 167/89, CENARGEN). The reactions of the soybean differentials used for differentiating the SMV strains were reported previously, and six varieties; "Doko", "York", "FT-4", "Kwanggyo", "Campos Gerais" and "Buffalo", were also used. Plants for use as differentials were obtained by sowing eight-ten seeds in plastic pots. Tested varieties and/or lines are presented in the results.

Inoculation procedures: Mechanical inoculations were performed by rubbing carborundum-dusted leaves with a cotton pad dipped in sap prepared in 0.1M phosphate buffer, pH 7.2, the plants were observed for at least three-four weeks for symptom development, then they were back-inoculated to susceptible soybean varieties to determine the presence of the virus. All the tested plants were maintained in a greenhouse at CPAC.

Seed-transmission tests: Fifteen soybean varieties were planted in an isolated field on 17 November 1988, at CPAC, and two isolates were inoculated on primary leaves of soybean plants on 2 December, 1988. Two varieties, "Doko" and "FT-Estrela", were inoculated with 7 SMV isolates and/or variants on 2 December, 1988, respectively. Moreover, two varieties were inoculated with a virus isolate at 5 growth stages; 2 Dec., 22 Dec., 1988, 11 Jan., 31 Jan. and 20 Feb., 1989. Inoculated plants were inspected several times for the development of symptoms during the growing period. When the plants matured, ten plants from each entry were harvested and dried. Thereafter, the SMV-infected seeds were planted in a greenhouse for inspection of virus transmission through seed. The number of seedlings which emerged and the number of SMV-infected seedlings based on the symptoms were counted. When there was no obvious infection of the seedlings, they were inoculated onto a susceptible soybean variety.

Results

1. Classification of SMV strains and screening of resistant varieties

Classification of SMV strains: Five isolates collected from soybean plants in the fields were classified by the methods reported previously. All the isolates belonged to Group 1 based on the method of Cho and Goodman (1879). Also, all the isolate belonged to strain B according to the method of Takahashi et al. (1980). No isolates belonged to any of the strains reported by Almeida (1981).

Isolation of SMV variants and classification of strains: A few plants among some resistant varieties were occasionally infected systemically with these isolates, when several susceptible and resistant varieties were inoculated with 5 SMV isolates, respectively. Mosaic or necrotic symptoms were observed on the resistant varieties. Viruses were isolated from infected resistant varieties, and the varieties were reinoculated with the viruses. Thereafter, ten SMV variants which had infected some resistant varieties, were obtained. Five SMV variants out of the ten variants were selected based on the reactions to some resistant varieties. These virus variants were classified again by the methods reported previously. As a result, one variant was assigned to Group 4, while four other variants did not belong to any of the 7 Groups reported by Cho and Goodman (1979). One variant was assigned to Strain B, and another variant to Strain E, but three other variants did not belong to any of the 5 strains reported by Takahashi et al. (1980). Two variants belonged to Ms-1, but three other variants did not belong to any of the 3 strains reported by Almeida (1983).

Screening of resistant varieties and/or lines, and classification of SMV isolates and variants based on virulence: One hundred and thirty soybean varieties and/or lines were inoculated with 10 SMV isolates or variants, and the reactions of these varieties and/or lines to the SMV isolates or variants were observed. Only three varieties were found to be resistant to the 10 SMV isolates or variants. Seventy eight out of 130 varieties and/or lines were susceptible to all the SMV isolates or variants. Other varieties and/or lines were resistant or susceptible to some SMV isolates or variants. Based on these results, the 10 SMV isolates or variants used were classified into 5 strain Groups according to the differences in the virulence among 6 soybean varietal Groups. The results are shown in Table 1.

TABLE 1 - Reaction of soybean varieties and/or lines to SMV strains isolated from the Cerrados.

Varietal group	Typical variety	SMV strain				
		Group I	Group II	Group III	Group IV	Group V
A	Doko	M	M	M	M	M
B	York	0	0	M	N	M _{st}
C	FT-4	0	0	0	N	M _{st}
D	Kwanggyo	0	0	0	0	M _{st}
E	Campos Gerais	0	M _{st}	0	0	0
F	Buffalo	0	0	0	0	0

Remarks: M; mosaic, N; necrosis, st; stunting, O; no infection.

SMV strain Group I consisted of five isolates (Cp1, Cp2, Mt1, Mt2 and Ba1) collected from fields, Group II consisted of one variant(Mt2- 11) derived from isolate Mt2, Group III consisted of two variants(Cp2G and Mg1G), Group IV consisted of one variant(Cp2D) and Group V consisted of one variant(Mg2-12).

Reactions of the soybean differentials to the 5 strain Groups of SMV were as follows: Varietal Group A included susceptible varieties and/or lines to the 5 SMV strain Groups(10 isolates and variants), and consisted of 78 varieties and/or lines as follows; Arisoy, Bossier, BR 1, BR 3, BR 5, BR 6, BR 10, BR 13, BR 80-6989, BR 80-6123, BR 81-1072, BR 81-186, CEP 10, CEP 71-16, Cheio Kee, Coker 136, Coker 156, Cristalina, Delman, Doko, D69-442, FT-1, FT-2, FT-6, FT-7, FT-9, FT- 11, FT-12, FT-13, FT-17, FT 79-4401, FT 80-1992, FT 80-2161, FT 80- 2341, FT-Estrela, Hardee, IAC-2, IAC-6, IAC-12, IND 2006, IND 80-1007, OC 79-136, OCEPAR 2-Iap, OCEPAR 3-Primavera, OCEPAR 4-Iguaçu, OCEPAR 5-Piquiri, Paraná, PEL 8201, Perry, Santa'ana, Santa Rosa, Sertaneja, Soc 81-183, Tropical, UFV-1, UFV-4, UFV-5, UFV-6, UFV-7, UFV-9, UFV- 10, Vicoja, EMGOPA 301, EMGOPA 302, EMGOPA 303, Hakuto, Harosoy, Iwate-Wasekurome, Karibatakiya 28, Kitamishiro, Kurokawaseiou, Shiro-Tsurunoko, Tanyou, Nyonya, Rampage and Jangbeangkong.

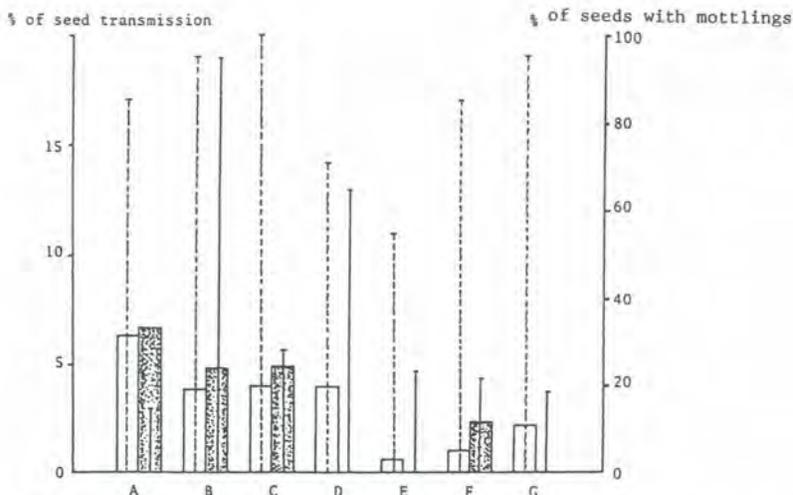
Varietal Group B which was resistant to SMV strain Groups I and II, consisted of 14 varieties and/or lines as follows: BR 81-8407, D71- 9951, FT-14, FT-15, Soc 81-210, Torsoy, Paranaiba, York, Akisen-nari, Dewamusume, Kyushyu 99, Ou 3, Tozankei E648 and Hwanggeumkong.

Varietal Group C which was resistant to SMV Groups I, II and III, consisted of only FT-4 and Akiyoshi. Varietal Group D was resistant to SMV Groups I, II, III and IV, and consisted of Ou 13, Toshiken and Kwanggyo. Varietal Group E was resistant to SMV Groups I, II, IV and V, and consisted of 21 varieties and or lines, as follows: Bienville, BR-4, BR-12, BR 80-826, BR 81-2291, Campos Gerais, CEP 12, CEP 82-52, CO 60-239, Dortchsoy, FT-16, FT 79-1901, Hampton, IVAI, Lancer, Tracy, Uniao, Marshall, Ogden, Hakubo 1 and Shiroshima 10.

Varietal Group F was resistant to all the 5 virus Groups, and consisted of Buffalo, Peking and L78-434.

2. Seed Transmission Tests and Occurrence of Seed Mottlings

Seed transmission of SMV strains and occurrence of seed mottlings:
The rates of seed transmission differed among the SMV isolates and/or variants (Picture 1).



Remarks: SMV isolates; A. Cp1(I), B. Cp2(I), C. Cp2D(IV), D. Mt1(I), E. Mt1G(III), F. Mt2-11(II), G. Mt2-12(V).

Seed transmission in variety "Doko", * * Seed mottlings caused by Cp1.

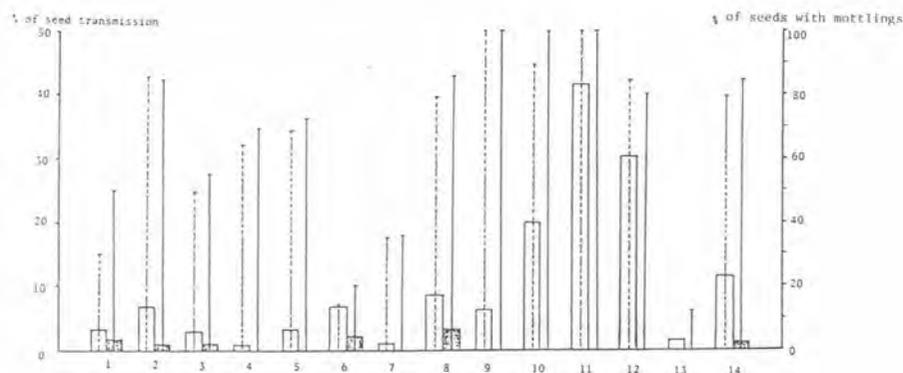
Seed transmission in variety "FT-Estrela", * * Seed mottlings caused by Mt2-11.

FIG. 1 - Differences in seed transmission among SMV isolates and/or variants.

Three isolates belonging to the SMV Group I were transmitted through seeds at a rate of about 4-6%, while other isolates or variants were transmitted at a rate of less than 2.1% in the variety "Doko". Infected variety "FT-Estrela" with 2 SMV isolates belonging to Group I and a variant of Group IV, showed a seed transmission rate of about 5-7%. Three isolates or variants belonging to SMV Group I, III and V were not transmitted through seeds from infected "FT- Estrela".

SMV-infected plants exhibited black or brown mottlings on the surface of the seeds, and the rates of mottlings on the seeds varied with the SMV isolates and variants. In general, the rate of mottlings on the seeds produced by infected "FT-Estrela" in two isolates belonging to Group I, was higher than that of the plants infected with the five other isolates or variants. It was confirmed that the SMV isolates and variants transmitted through soybean seeds showed the same characters as before.

Difference in the rates of seed transmission among soybean varieties: The rates of seed transmission were different among soybean varieties and/or lines and also among SMV isolates (Picture 2).



Remarks: Varieties and/or lines; 1. Cristalina, 2. Doko, 3. EMGOPA 301, 4. EMGOPA 302, 5. FT-11, 6. FT-Estrela, 7. Parana, 8. Santa Rosa, 9. Iwate-Wasekurome, 10. Karibatakiya 28, 11. Kitamishiro, 12. Shiro-Tsurunobo, 13. Tanyou, 14. Nyonya.

 Seed transmission in variety Cp1(I). * * Seed mottlings caused by Cp1.
 Seed transmission in variety Mt2-11(II). * * Seed mottlings caused by Mta-11.

FIG. 2 - Differences in seed transmission among soybean varieties.

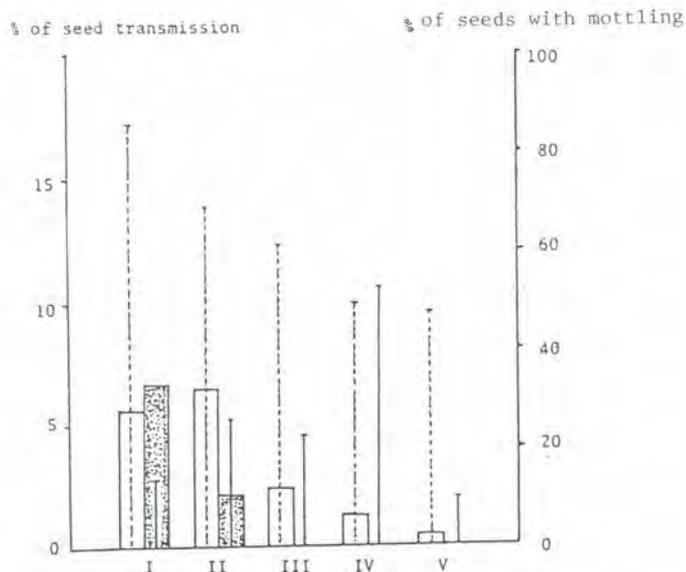
The rates of seed transmission in three varieties originating from Japan, "Karibatakiya 28", "Kitamishiro" and "Shiro-Tsurunoko", were 20-41.7% when they were infected with isolates Cp1(Group I), and 0.6- 8.8% in the varieties and/or lines from Brazil infected with isolate Cp1. The rate of seed

transmission was less than 3.1% after infection with a variant Mt2-11, and eight varieties, including the Japanese ones, did not show any seed transmission. In general, the varieties "Cristalina", "Doko", "EMGOPA 301", "FT-Estrela" and "Santa Rosa" showed higher rates of seed transmission, than the varieties "EMGOPA 302", "FT-11" and "Paraná".

Rates of mottlings on seeds were higher in the Japanese varieties than in the Brazilian varieties.

Relationship between seed transmission and period of inoculation:

The rates of seed transmission were correlated with the stage of plant growth when the infection occurred, and decreased as the time of infection approached the flowering period (Picture 3).



Remarks: Date of inoculation.

I. 02/12/88, II. 22/12/88, III. 11/01/89, IV. 31/01/89, V. 20/02/89.

- Seed transmission in variety "Doko"
- Seed transmission in variety "FT-Estrela"
- * * Seed mottlings caused by Cp1.
- Seed mottlings caused by Mt2-11.

FIG. 3 - Relationship between seed transmission and period of inoculation.

The rates of seed transmission decreased gradually with late inoculation in the variety "Doko". The seeds, from the variety "FT- Estrela" inoculated 55 days after planting, showed mottlings, but no seed transmission was observed.

Discussion and Comments

SMV isolates and/or variants obtained from the Cerrados were divided into 5 virus Groups, and all the five isolates collected from soybean fields directly belonged to Group I. All the isolates belonging to Group I showed higher rates of seed transmission compared with the SMV variants derived from the isolates of Group I, which may be the reason why SMV belonging to Group I was widespread in soybean fields. SMV variants belonging to Groups II, III, IV and V, were obtained from isolates belonging to Group I. This phenomenon may account for the fact that the virulence of SMV readily differed from that of the original isolates, and that in the areas where resistant varieties to SMV were cultivated next to infected susceptible varieties with SMV, the virulence of the strain may have changed and resistant varieties could become infected.

Presently the disease caused by SMV is not a serious problem in soybean fields in the Cerrados. However, the disease is occurring in many fields of agricultural research organizations, and also the vector (aphid) of the disease was observed in some soybean fields. Therefore, it is likely that the disease may spread all over the soybean fields in the Cerrados. Moreover, since the disease is transmitted through soybean seeds, it can be distributed wherever soybean is cultivated. Although the rates of seed transmission were not very high, if the population of the vector(aphid) were to increase in susceptible varieties to SMV, the disease could spread rapidly in the soybean fields.

Methods of control of the disease are as follows: (1) never use soybean seeds with mottlings, and (2) cultivate resistant varieties to the disease. It may be difficult to control the disease by the use of resistant varieties. However when resistant varieties are infected with some SMV strains, the strains show very low rates of seed transmission or even seed transmission is not observed. Moreover, breeding for superior resistant varieties to the disease is a future objective.

Acknowledgement

N. Iizuka carried out research at the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC)-EMBRAPA, Brasília, D.F., as a consultant under the Japan-Brasil Cooperation Project for the Research Program on Agricultural Production in the Acid "Savanna" Region of the Cerrados, from December 6, 1987 to December 5, 1989. During this period, we conducted some experiments on diseases of main crops in the Cerrados. The results obtained are described in the following paper.

We wish to express our cordial thanks to Dr. José Roberto Rodrigues Peres, Chefe Geral do CPAC, Dr. José Eurípedes da Silva, Chefe Adjunto de Apoio, and Dr. Elias de Freitas Júnior, Coordenador da "Área de Transferência de Tecnologia" for their kind encouragement. We deeply thank Mrs. Nair Seiko Hayashida for her assistance. Our sincere thanks are also due to Dr. Luiz Carlos Bhering Nasser and the members of the Phytopathology Laboratory for their generous assistance during the course of these studies. We are greatly indebted to Dr. Bunkichiro Watanabe, Team leader of the Project, Mr. Yoshimune Nihei, Coordinator of the team, Mr. Alberto Yuji Sugimoto, Assistant of the team, and other Japanese consultants who participated in the Project, for their helpful suggestions. We wish to thank the Japan International Cooperation Agency (JICA) for the encouragement and the financial support for this study.

References

- ALMEIDA, A.M.R.; MIRANDA, L.C. Ocorrência do vírus do mosaico comum da soja no estado do Paraná e sua transmissibilidade pelas sementes. **Fitopatologia Bras.** 4:293-297, 1979.
- ALMEIDA, A.M.R. Levantamento do vírus do mosaico comum e queima do broto em soja, nas diversas regiões do estado do Paraná. **Fitopatologia Bras.** 5:125-128, 1980.
- ALMEIDA, A.M.R. Identificação de estirpes do vírus mosaico comum da soja no estado do Paraná. **Fitopatologia Bras.** 6:131-136, 1981.
- ANJOS, J.R.N.; LIN, M.T.; KITAJIMA, E.W. Caracterização de um isolado do vírus do mosaico da soja. **Fitopatologia Bras.** 10:137-151, 1985.

- BOS, L. **Soybean mosaic virus**. C.M.I./A.A.B. Descriptions of Plant Viruses. N° 93, 1972.
- BOWERS, JR.; GOODMAN, R.M. Soybean mosaic virus: Infection of soybean seed parts and seed transmission. **Phytopathology** 69:569-572, 1979.
- CHO, E.K.; GOODMAN, R.M. Strains of soybean mosaic virus: Classification based on virulence in resistant soybean cultivars. **Phytopathology** 69:467-470, 1979.
- IIZUKA, N. Seed transmission of viruses in soybeans. **Tohoku Nat. Agric.Expt.Stn. Bull.** 46:131-141, 1973.
- ROSS, J.P. Effect of aphid-transmitted soybean mosaic virus on yields of closely related resistant and susceptible soybean lines. **Crop Sci.** 17:869-872, 1977.
- TAKAHASHI, K.; TANAKA, T.; IIDA, W.; TSUDA, Y. Studies on virus diseases and causal viruses of soybean in Japan. **Tohoku Nat.Agric. Expt. Stn. Bull.** 62:1-130, 1980.

IDENTIFICATION OF SOME VIRAL DISEASES OF LEGUMINOUS CROPS IN THE CERRADOS

Norio Iizuka¹

Maria José d'Avila Charchar²

SUMMARY - Several viruses were isolated from diseased soybean, French bean and pea plants in the Cerrados. Isolated viruses were identified on the basis of host range, symptomatology, transmission, stability in crude sap and serological affinities. Soybean mosaic, bean rugose mosaic and cowpea severe mosaic viruses were isolated from soybean plants. Bean golden mosaic, bean rugose mosaic and bean common mosaic viruses frequently occurred on French bean, while tomato spotted wilt virus was isolated from pea plants. Field surveys have been conducted in several fields planted with soybeans, French beans and peas. Plants showing symptoms suggesting the presence of a virus disease were collected and studied at CPAC. The purpose of the studies is to identify viruses occurring naturally on major leguminous crops in the Cerrados, on the basis of their symptomatology, host range, transmission, serological affinities and a few other properties.

Key words: leguminous crop, virus disease, identification, Cerrados.

Soybean (*Glycine max*)

1. Soybean mosaic virus

The virus which has been reported in Brazil (Anjos, 1985), causes one of the most important virus diseases of soybean in the Cerrados. The virus occurs in many experimental fields of Agricultural Research Organizations, because the virus is transmitted through soybean seeds and also by many species of aphids. Host range of this virus seems to be restricted to soybean in nature, but the virus has been transmitted to some leguminous plants experimentally (Figures 1, 2 and 3). The thermal inactivation point in sap from infected soybean plants was approximately 65 C (10 min.), the dilution end point was 1,000-10,000, and the longevity in vitro was 4-6 days (20°C). The virus reacted positively with the antiserum against soybean mosaic virus from Japan.

¹ Phytopathology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

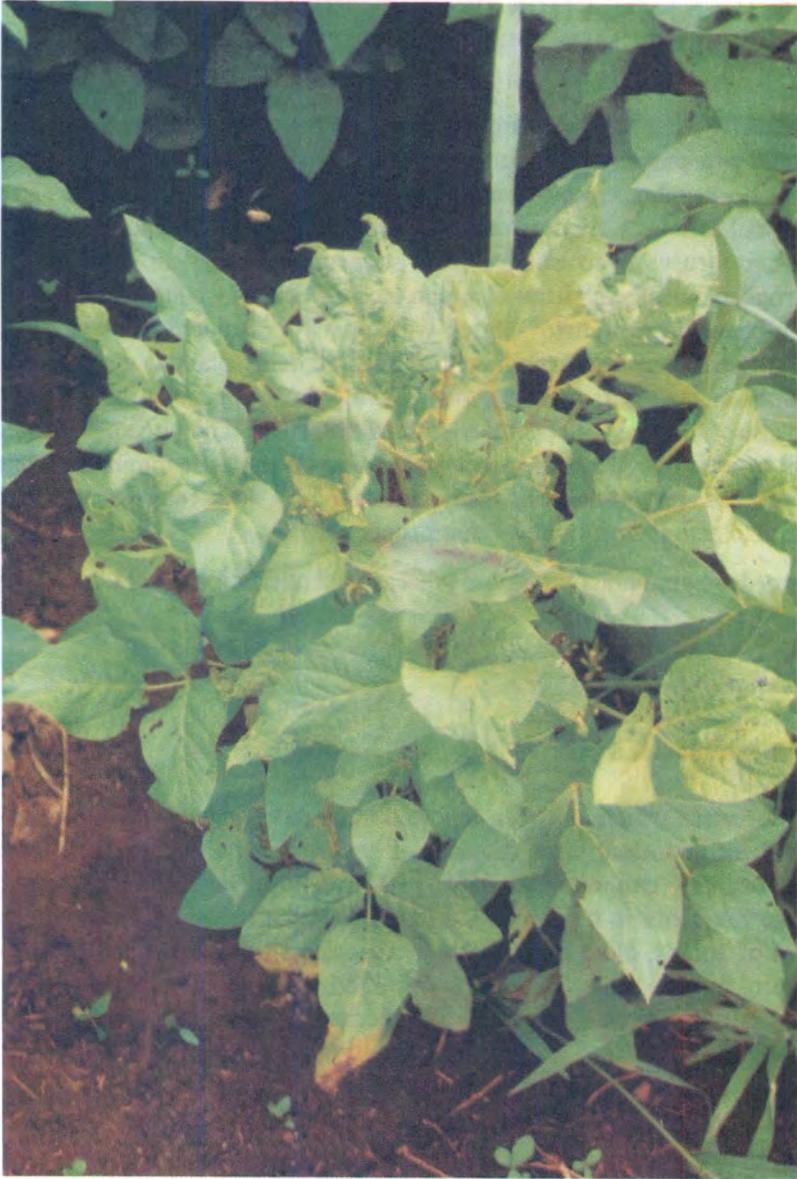


FIG. 1 - Soybean mosaic in field.



FIG. 2 - Soybean mosaic transmitted through seed.



FIG. 3 - Mottling on soybean seeds caused by soybean mosaic virus.

2. Bean rugose mosaic virus

"Virus do mosaico em desenho do feijoeiro" is a strain of bean rugose mosaic virus (Lin, et al., 1981), which was isolated from French bean in Brazil (Kitajima, et al., 1980).

A virus disease was observed on several soybean plants in an irrigated field of CPAC, in May, 1989 (Figure 4). The symptoms of the disease consisted of mosaic with dark green and puffed areas. The plants were slightly stunted. The symptoms resembled those observed in the disease caused by soybean mosaic virus. About 20 soybean varieties tested as well as French bean and peas were found to be infected with the virus systemically. *Chenopodium* spp. produced local lesions on inoculated leaves. The virus was transmitted by the beetles, *Cerotoma* sp. and *Diabrotica* sp. No seed transmission was observed in soybean and French bean. The thermal inactivation point in sap from infected French bean was 60-65 C (10 min.), the dilution end point was 10,000-100,000, and the longevity in vitro was over 6 days (20 C). The virus reacted positively with the antiserum against "virus do mosaico em desenho do feijoeiro" but not with the antiserum against cowpea severe mosaic virus (both antisera were kindly supplied by Dr. E.W. Kitajima, Professor, UnB).

This is the first report on the isolation of the virus from soybean plants.



FIG. 4 - A new virus disease caused by bean rugose mosaic virus.

3. Cowpea severe mosaic virus

The virus isolated from soybean plants in Brazil caused bud blight in soybean plants (Anjos and Lin, 1984).

A virus disease characterized by terminal bud necrosis and severe stunting, was observed in a soybean field of Barreiras (BA), in March, 1989 (Figure 5). All the varieties of soybean tested, 2 out of 8 varieties of French bean, cowpea, lima bean, mung bean, azuki bean, pea, *Nicotiana benthamiana* and a few plant species were infected systemically. Several varieties of French bean, *Nicotiana tacacum*, *Chenopodium* spp. and a few plant species showed local lesions on the inoculated leaves. The thermal inactivation point was 60-65 C (10 min.), the dilution end point was around 10,000, and the longevity in vitro was over 6 days (20 C). The virus reacted positively with the antiserum against cowpea severe mosaic virus, but not with the antiserum against "virus do mosaico em desenho do feijoeiro".



FIG. 5 - A virus disease caused by cowpea severe mosaic virus.

French bean (*Phaseolus vulgaris*)

1. Bean golden mosaic virus

The disease which occurs commonly on French bean plants in Brazil (Costa, 1965), seems to be the most important virus disease of French bean in the Cerrados (Figure 6). Some serological characteristics have been reported by Dr. Honda, a short term consultant.

The rates of diseased plants of French bean varieties and/or lines were observed in a field of CPAC, in April, 1989. Ten out of 60 varieties and/or lines showed low rates of infection, namely FT84-1500, FT-84-324, CNF5840, etc.

The problems associated with the epidemiology of this disease are as follows; (1) the causal agent has not been transmitted by mechanical inoculation, (2) superior resistant varieties have not been identified, and (3) lack of ecological studies on vector (white-fly).

2. Bean rugose mosaic virus

The virus has been isolated from French bean plants in Brazil (Kitajima et al., 1980; Lin, et al., 1981).

A virus was isolated from a French bean field in CPAC, in March, 1988 (Figure 7). The virus disease was characterized by severe mosaic on the leaves with dark green islands along the veins, while the pods showed mottlings and malformation (Figure 8). Distortion and rolling of the leaves, and stunting of the plants were observed in some varieties. The virus was isolated from diseased plants with bean golden mosaic frequently. There is a confusion between this virus disease and bean common mosaic, because the symptoms of this disease are similar to those of bean common mosaic. Our surveys indicated that the disease is widespread and is probably one of the most important virus diseases of French bean in the Cerrados.

The characteristics of the virus have been described in the past on soybean virus diseases.



FIG. 6 - Bean golden mosaic



FIG. 7 - Typical symptoms on French bean caused by bean rugose mosaic virus.

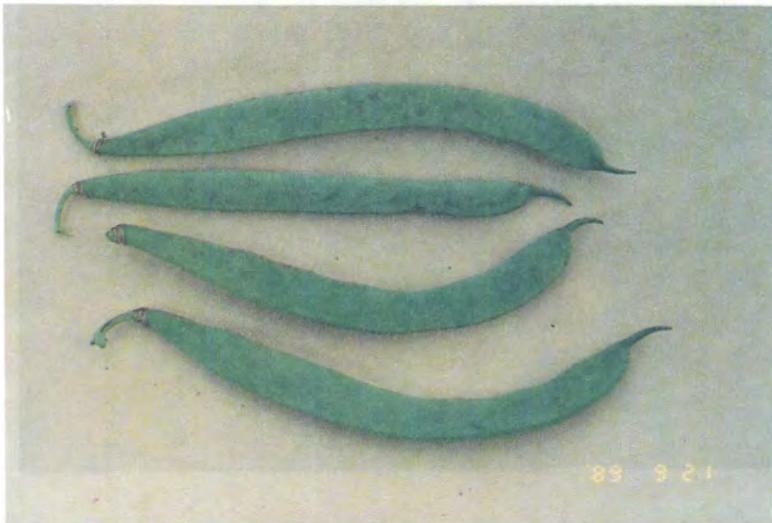


FIG. 8 - Mottlings on bean pods produced by bean rugose mosaic virus.

3. Bean common mosaic virus

This virus disease has been reported in Brazil (Costa, 1978).

A virus was isolated from a diseased French bean plant in a field of CPAC (Figure 9). The symptoms of the disease consisted of rolling or curling mosaic with dark green areas along the veins on the upper leaves, but sometimes faint mottling was observed on the leaves of infected French bean plants. Four out of 12 varieties of French bean tested were resistant to the virus. The virus was transmitted through seed and by many species of aphids. Host range of the virus seemed to be restricted to French bean in nature, but the virus was transmitted to cowpea, *Cassia* sp. and *Sesamum indicum*. The thermal inactivation point in sap from infected French bean plants was 60-65 C (10 min.). The virus reacted positively with the antiserum against bean common mosaic virus from Japan.



FIG. 9 - Bean common mosaic.

Pea (*Pisum sativum*)

1. Tomato spotted wilt virus

This virus disease has been reported in Brazil (Duse et al., 1988).

A virus was collected from a pea plant in a field of CPAC, in June, 1988 (Figure 10). The disease occurred in many pea fields and a 1-2% rate of infection was observed in some fields. The virus disease is characterized by terminal bud necrosis of pea plants, and the pods become brown. The following plant species were systemically infected: pea, *Cassia* sp., *Vinca*, *Zinia*, tomato, *Nicotiana clevelandii*, *N. glutinosa*, and *N. tabacum*. Local lesions were observed on *Chenopodium* spp., cowpea, French bean (cv. Kintoki), cucumber, melon and petunia. The thermal inactivation point in sap from infected tomato plants was below 55 C (10 min.), the dilution end point was around 1,000, and the longevity in vitro was within 1 day (20°C). On the basis of the host range, symptomatology and physical properties in crude sap, the virus was identified as tomato spotted wilt virus. The virus is transmitted by thrips and when the insects attack pea flowers, the plant becomes infected with the virus, and exhibits brown pods.



FIG. 10 - Top necrosis of pea plant caused by tomato spotted wilt.

References Bibliografics

- ANJOS, J.R.N.; LIN, M.T.; KITAJIMA, E.W. Caracterização de um isolado do vírus do mosaico da soja. **Fitopatologia Bras.** 10:137-151, 1985.
- ANJOS, J.R.N.; LIN, M.T. Bud blight of soybeans caused by cowpea severe mosaic virus in Central Brazil. **Plant Dis.** 68:405-407, 1984.
- COSTA, A.S. Three whitefly transmitted virus diseases in São Paulo. **FAO Plant Protection Bulletin** 13:121-130, 1965.
- COSTA, A.S. Estirpe do vírus do mosaico comum do feijoeiro útil para identificar cultivares com resistência do tipo hipersensibilidade. **Summa Phytopatol.** 4:9, 1978. (Res.).
- DUSI, A.N.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; CAFF FO, A.C.; KITAJIMA, E.W.; GIORDANO, L.B. Vagen marron, doença de ervilha causada pelo vírus do vira-cabeça do tomateiro. **Fitopatologia Bras.** 13:140, 1988. (Res.).
- KITAJIMA, E.W.; LIN, M.T.; COSTA, C.L.; BATISTA, M.F. Ocorrência do vírus do mosaico em desenho do feijoeiro no Distrito Federal. **Fitopatologia Bras.** 5:408, 1980. (Res.).
- LIN, M.T.; GAMEZ, R.; KITAJIMA, E.W. Bean "mosaico em desenho" virus is a member of the bean rugose mosaic virus serogroup. **Fitopatologia Bras.** 6:293-298, 1981.

MONITORAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE AGENTES CAUSADORES DE DOENÇAS DE ARROZ (*ORYZA SATIVA* L.) NA REGIÃO DOS CERRADOS

Tadashi Morinaka¹
Luiz Carlos Bhering Nasser²

RESUMO - Foi observada a incidência de doenças em arroz na região dos Cerrados, durante a estação de crescimento do arroz no período de 1991 e 1992. As doenças de arroz observadas foram as seguintes: Brusone (*Pyricularia oryzae*), Mancha parda e/ou Helminthosporiose (*Helminthosporium oryzae*), Escaldadura da folha e/ou Rincosporiose (*Rhynchosporium oryzae*), Mancha estreita (*Cercospora oryzae*), descoloração das glumelas (*Phoma sorghina*), Falso carvão (*Ustilaginoidea virens*), Queima das bainhas (*Thanatephorus cucumeris*), e distúrbios fisiológicos. Verificaram-se a ocorrência de brusone nas folhas, nos nós das folhas, nós dos colmos, no pescoço da panícula, nos ráquis e outros. Em alguns campos, os arrozaes foram seriamente atingidos. A escaldadura da folha é amplamente disseminada na região dos Cerrados e seu agente causal é também o causador da mancha parda e descoloração das glumelas. *Curvularia* sp., *Epicoccum* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora oryzae*, *Phoma sorghina*, *Pyricularia oryzae*, *Rhynchosporium oryzae* foram isolados das amostras com descoloração das glumelas e queima das glumelas.

OBSERVATION OF RICE DISEASE INCIDENCE AND IDENTIFICATION OF THE CAUSAL FUNGI IN THE CERRADOS

ABSTRACT - Incidence of rice diseases in the Cerrado region was observed during the rice growing season in 1990-1991 and 1991-1992. Rice diseases observed were as follows: Blast (*Pyricularia oryzae*), brown spot (*Helminthosporium oryzae*), leaf scald (*Rhynchosporium oryzae*), narrow brown leaf spot (*Cercospora oryzae*), panicle discoloration (*Phoma sorghina*), false smut (*Ustilaginoidea virens*), sheath blight (*Thanatephorus cucumeris*), and physiological disorders. Rice blasts were included by leaf blast, leaf node blast, stem node blast, neck blast and rachis blast. Rice

¹ Fitopatologia, Consultor da EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

plants were seriously damaged by blast disease in some fields. Leaf scald was widely distributed in the Cerrado region and leaf blight and panicle discoloration were caused by the causal fungus. It showed that leaf scald is one of the important rice diseases in the Cerrado region. *Curvularia* sp., *Epicoccum* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora oryzae*, *Phoma sorghina*, *Pyricularia oryzae*, *Rhynchosporium oryzae* were isolated from the collected samples of discolored panicles.

Introdução

Para planejar métodos de controle de doenças de arroz nos Cerrados, é importante a identificação dos patógenos e o estudo básico da incidência de doenças. O arroz é plantado em vários ambientes e em

várias modalidades: isto é, campo logo após o desmatamento, campo com vários anos após o desmatamento, campo com irrigação, campo sem irrigação, campo alagado e outros. O objetivo deste estudo é avaliar as ocorrências de doenças do arroz nas várias condições de cultivo e preparar o material básico para o controle.

Pelos relatórios já existentes, a maioria das doenças de arroz que ocorre na região dos Cerrados é causada por fungos. Os autores objetivaram também, o estudo da ocorrência de doenças não fungicas, porém os resultados aqui relatados, tratam apenas de fungos. Este relatório é o resultado da coleta e identificação de patógenos durante o período de agosto/90 a junho/92.

Material e Métodos

No estudo de ocorrência foram observadas e registradas as características da doença no local, assim como coleta de amostra no local de ocorrência. As amostras coletadas foram utilizadas em conjunto, para a identificação dos patógenos na EMBRAPA - CPAC.

Os patógenos foram identificados utilizando-se a seguinte metodologia: Folhas com manchas, pescoço de panícula, ráquis ou a casca de arroz, que por sua vez funciona como uma câmara úmida, foram colocadas dentro de uma placa-de-Petri contendo no fundo, uma camada de papel de filtro ou lenço de papel e mantidas a 25 °C. Após uma noite, com auxílio de um microscópio óptico, procedeu-se a identificação dos fungos através dos esporos formados sobre o papel de filtro.

Ainda, uma parte da amostra foi obtida através do isolamento dos patógenos pela cultura da infusão de batata inglesa em agar (BDA) ou pela cultura da infusão de batata inglesa (BDA), com adição de estreptomomicina em agar e observando-se micélios, esporos ou estromas, através de microscópio óptico.

Resultados das Observações

A Tabela 1 indica os resultados da observação registrado no campo de levantamento de patógenos.

As doenças reconhecidas através de observações de suas características foram de 8 tipos: a brusone, mancha parda (Helmintosporiose), escaladura das folhas (Rincosporiose), mancha estreita (Cercosporiose), descoloração das glumelas, falso carvão, queima das bainhas e distúrbio fisiológico.

TABELA 1. Doenças do arroz observados em campo.

Data	Local	Estado	Doenças
15/04/91	Fazenda Rodeio-(BR20-Km245)	BA	Mancha Parda(Helmintosporiose) (<i>Helminthosporium oryzae</i>)
16/04/91	Gilbues-Santa Filomena	PI	Mancha Parda Brusone (<i>Pyricularia oryzae</i>)
16/04/91	Tasso Fragoso-Balsas	MA	Descoloração das glumelas
17/04/91	Balsas-(EMBRAPA-CNPSO)	MA	Brusone(folha, nó dos colmo, Pescoço da panícula, panícula)
17/04/9	Carolina-Estreito	MA	Descoloração das glumelas
18/04/91	Palmas-Porto Nacional	TO	Falso Carvão (<i>Ustilaginoidea virens</i>) Mancha Parda
18/04/91	Santa Rosa-Peixe	TO	Mancha Estreita (<i>Cercospora oryzae</i>) Distúrbio fisiológico
19/04/91	Formoso do Araguaia-(Coperjava)	TO	Mancha Parda Falso Carvão Brusone Mancha estreita Escaladura da Folha (<i>Rhynchosporium oryzae</i>)
20/04/91	Gurupi (Fazenda Nova Querência)	TO	Queima das Bainhas (<i>Rhizoctonia solani</i>) Mancha Parda Mancha Estreita Falso Carvão Brusone

TABELA 1. Doenças do arroz observados em campo (continuação).

Data	Local	Estado	Doenças
11/03/92	Fazenda Imperitente	GO	Helmintosporiose
2/03/92	Fazenda Progresso Verde	GO	Rincosporiose Helmintosporiose Queima das glumelas
17/03/92	Guarda Mor (Cooperativa Central Agrícola Sul Brasil)	MG	Rincosporiose Helmintosporiose Queima das glumelas
	Vazante	MG	Falso Carvão
18/03/92	Araxá (Nomurabrás)	MG	nada
19/03/92	Uberaba	MG	Helmintosporiose
20/03/92	Araguari	MG	Rincosporiose
25/03/92	Planaltina (EMBRAPA-CPAC)	DF	Brusone
14/04/92	Silvânia	GO	Rincosporiose Queima das glumelas

A Tabela 2 indica os resultados da observação dos esporos ou patógenos obtidos através do isolamento da cultura das amostras.

TABELA 2. Fungos isolados observados ao microscópio.

Fungos	Parte da Planta/Varietade	Local da coleta
Curvularia sp.	folha (Rio Paranaíba)	Silvânia, GO
	folha	Carolina-Estreito, MA
Epicoccum sp.	panícula (Aliança)	Silvânia, GO
Fusarium sp.	panícula (Aliança)	Silvânia, GO
Nigrospora oryzae	panícula	Guarda Mor, MG
	folha (Rio Paranaíba)	Silvânia, GO
	folha (Linha melhoramento)	Silvânia, GO
	folha (Aliança)	Silvânia, GO
Phoma sorghina (Phyllosticta glumarum)	panícula (Aliança)	Silvânia, GO
Pycularia oryzae	folha, panícula (Aliança)	Silvânia, GO
	panícula (Rio Paranaíba)	Silvânia, GO
	folha, panícula,	Planaltina(CPAC), DF
	panícula de pescoço	idem
	(Variedades do EUA)	
Rhynchosporium oryzae (Gwerlasia oryzae)	folha, panícula	Vazante, GO
	folha, panícula	Goiás, GO
	folha, panícula,	Silvânia, GO
	panícula de pescoço (Aliança)	
	folha, panícula	Silvânia, GO
	(Linha melhoramento)	
	folha (Rio Paranaíba)	Silvânia, GO
folha	Lucas do Rio Verde, MT	

Os fungos observados através do isolamento da cultura das manchas ou esporos foram de 7 tipos: *Curvularia* sp., *Epicoccum* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora oryzae*, *Phoma sorghina*, *Pyricularia oryzae*, *Rhynchosporium oryzae*.

A brusone foi observada nas folhas, na bainha, nos colmos, no pescoço da panícula e na ráquis. E ainda, isolou-se o patógeno causador da brusone de uma parte das glumelas com descoloração.

Quanto a escaldadura das folhas, observaram-se dois tipos de sintomas: O primeiro, a folha fica com mancha vermelha-escuro com formato de fio ou lesões irregulares. Na segunda a ponta da folha fica com mancha marrom escuro ou cinza escuro com formato de onda. Na queima das glumelas causada pelo agente (fungo) da escaldadura das folhas, ocorre o enegrecimento das palhas, tornando-as de difícil distinção em relação aos outros tipos de descoloração. No levantamento efetuado em 1992, foram observados a ocorrência de escaldadura de folhas em vários locais, o que indica que esta doença está bastante disseminada.

Foram observadas manchas escuras em forma de fios e a mancha estreita. Não foi observada a queima das glumelas causada pelo agente causal da mancha estreita.

O falso carvão é facilmente diferenciado pelas estruturas redondas (massa de esporos) nas palhas, de cor verde escuro, ou às vezes de cor marrom-avermelhada.

A queima das bainhas em arroz irrigado foi também observada, porém de baixa intensidade.

Considerações

A brusone, mancha parda, escaldadura da folha, queima das glumelas, mal-do-colo e outras doenças são relatadas como as principais doenças de arroz no Brasil. (Ribeiro, 1984; Prabhu, 1989). Também na região dos Cerrados são citadas esses 6 tipos de doenças (Sonku, 1983), que são disseminadas nas regiões de cultura de arroz a nível mundial. Dentre estas, pode-se dizer que a mais importante no Brasil, é a queima de glumelas, onde é comum a ocorrência desta doença causada pelo *Phoma sorghina*.

Das doenças de arroz causadas por vírus, existem no Sudeste Asiático, o Tungro, Ragged Stunt e outros transmitidos pelo grupo das cigarrinhas. Na Ásia, na zona temperada, ocorrem a disseminação do Dwarf, Stripe, Black Streaked dwarf e outros. E no Leste e Oeste da África, ocorre a

Yellow mottle virus que é transmitida mecanicamente. Na América Latina, existe a disseminação do Hoja blanca virus transmitido por um grupo de cigarrinhas, porém no Brasil não há relato de sua ocorrência.

Com relação a brusone, no Brasil, existem relatos da determinação de raças dos isolados a partir de sua patogenicidade e variedades diferenciadoras de arroz (Ribeiro, 1980, 1981), da influência de brusone na produtividade do arroz seco e a sua severidade (Prabhu et al., 1986), da relação entre a ocorrência de brusone nas folhas e brusone no pescoço da panícula e a queda de produtividade (Prabhu & Faria, 1982; Faria e Prabhu, 1980), controle químico (Kobayashi, 1987; Prabhu & Faria, 1983, 1987) e outros.

Quanto à doença causada pelo *Helminthosporium* sp. é relatada a relação entre fertilizante e ocorrência de doença, patogenicidade do isolados, diferença entre as variedades quanto à resistência do arroz, a relação entre a infecção e os fatores que compõem a produtividade (Souza et al., 1984, 1986; Faria & Prabhu, 1983; Prabhu et al., 1989). E ainda, é conhecido que *Helminthosporium* é um dos fungos que causa a queima das glumelas (Santos & Galvão, 1989).

É também reconhecida a diferença entre as variedades com resistência a queima das glumelas e a mutação dos isolados de *Phoma sorghina* (Souza et al., 1987, 1988). Relata-se também a sobrevivência e o trabalho relativo a fungos nos cerrados (Urban & Wetzel, 1980).

Quanto a doenças na semente, foram detectados pelo método de lavagem ou pelo método blotter, a *Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *Curvularia lunata*, *Nigrospora oryzae*, *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Rhynchosporium oryzae*, *Phoma* sp., *Trichoconis padwickii* e outros (Ribeiro, 1980; Soave et al., 1984).

Quanto as doenças de arroz observadas na região dos Cerrados, indicadas na Tabela 1, não houve grande danos como um todo, ressaltando-se porém, uma alta incidência de brusone em certos pontos das plantações. Nestas plantações, considera-se que, pelo não tratamento adequado da brusone das folhas, posteriormente, acarretou os danos por brusone, nas glumelas. No caso da brusone, é desejável o estabelecimento do sistema de diferenciação das raças dos fungos de brusone, esclarecendo a relação mútua entre o gene de resistência da variedade de arroz e a patogenicidade dos fungos da brusone no Brasil.

A mancha parda havia ocorrido no campo de arroz que apresentava deficiência nutricional.

A escaldadura da folha é bastante disseminada na região dos Cerrados. Seu agente causal é considerado como o principal patógeno causador da queima das folhas e da descoloração das glumelas. Porém, quanto ao fungo causador da escaldadura da folha, do ponto de vista taxonômico, existem diferentes opiniões, e, mesmo entre os pesquisadores não existe uma opinião unânime. Desta forma, considerouse como agente etiológico desta doença o fungo *Rhynchosporium oryzae*, nomenclatura utilizada convencionalmente e sinonímia de *Gwerlachia oryzae* que é dito como o mais adequado.

A ocorrência da mancha estreita foi observada em certos pontos de plantações, porém sem causar danos econômicos na situação atual.

Houveram plantações com ocorrência de falso carvão, porém em baixa incidência. Há relatos de que a influência do falso carvão no rendimento e na qualidade do arroz é bem acentuada do que normalmente é atribuída. Se se-mear sementes infectadas, estas irão infectar os brotos, e a doença ocorrerá após o aparecimento das glumelas.

Foram observados a queima das bainhas nos arrozais irrigados, porém, em pontos isolados. Se continuar a cultura de arroz irrigado, remanece-rão os teliosporos no solo, que no ano seguinte torna-se-ão causadores da doença.

Como foi mencionado anteriormente, a descoloração e a queima das glumelas, podem ser causadas pela brusone (*Pyricularia oryzae*), mancha parda (*Helminthosporium oryzae*), escaldadura das folhas (*Rhynchosporium oryzae*), mancha estreita (*Cercospora oryzae*), queima das glumelas (*Phoma sorghina*) e outros. Além dos citados acima, foram detectados *Curvularia* sp., *Epicoccum* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora oryzae* e outros. Estes são conhecidos como fungos isolados de várias partes da glumela com indicação de queima. A queima da glumela é causadora da queda de rendimento e origina grãos coloridos e ainda, causa queda na qualidade do arroz.

Através dos levantamentos, ficou claro a existência destes fungos, porém os pontos de estudo e o tempo não foram suficientes. Desta forma, estudos adicionais são desejáveis. Estudos das bactérias e dos vírus serão tarefas para o futuro.

Agradecimentos

Para o estudo de ocorrência de doenças em arroz, recebemos colaborações de várias pessoas de vários locais. EPABA - Estação Experimental de São Francisco, Cooperativa Agrícola de Cotia - Barreiras, Sr. Hashimoto

(Barreiras), Campo Experimental de Balsas - CNPSo, Cooperativa Mista Rural Vale do Javas (Coperjava), Fazenda Nova Querência, Sementes Agroceres S.A., Sr. Muraoka (Paracatu), Sr. Sato (Guarda-Mor, Cooperativa Central Agrícola Sul-Brasil), Sr. Ishikawa (idem), Sr. Katagiri (idem), Cooperativa Agrícola de Cotia - São Gotardo, Nomurabrás S.A., Sr. José Carlos (EMATER - EMGOPA - CPAC, Silvânia). Agradecemos sinceramente as pessoas acima pela colaboração recebida.

Recebemos considerações especiais do Dr. José Roberto Rodrigues Peres, Chefe do CPAC-EMBRAPA, do Dr. Ariovaldo Luchiari Júnior, Chefe Adjunto Técnico e do Dr. Roberto Teixeira Alves, Chefe Adjunto de Apoio para levar avante os nossos estudos. E ainda, recebemos cooperação do Dr. Ken-ichi Kishino, sobre o estudo da ocorrência de doenças e Dr. Takao Mitsueda, sobre o experimento de cultura dos patógenos, deste projeto. Nossos sinceros agradecimentos.

Referências Bibliográficas

- CHEANEY, R.L.; JENNINGS, P.R. Field problems of rice in Latin America. Cali, Colombia: CIAT, 1975, 93p.
- FARIA, J.C.; PRABHU, A.S. Relação entre fertilização nitrogenada e mancha-parda do arroz em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n.12, p.1377-1379, 1983.
- GALLI, F. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980. 587p.
- KITAJIMA, E.W. Lista de publicações sobre viroses e enfermidades correlatas de plantas no Brasil (1911-1985). **Fitopatologia Brasileira**, 1986. Suplemento especial.
- KOBAYASHI, T. Doenças do arroz na região dos cerrados (principalmente brusone). In: **CONSIDERAÇÕES sobre o desenvolvimento agrícola do cerrado: resultado das pesquisas agrícolas de Cooperação Nipo- Brasileira**, São Paulo: **Agronascente**, c1986. p.85-88.
- OHATA, K. Ine no byougai (Rice diseases - diagnosis, ecology and control). **Zenkoku Nouson Kyoiku Kyokai**, Tokyo, 1989. p.565. Em japonês.
- OU, S.H. Rice diseases, 2nd ed. Kew, UK: Commonwealth Mycological Institute, 1985. p.380.
- PRABHU, A.S.; FARIA, J.C. de. Relacionamentos quantitativos entre brusone nas folhas e panículas e seus efeitos sobre enchimento e peso dos

- grãos em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p.1219-1223, 1982.
- PRABHU, A.S.; FARIA, J.C. de; CONTO, A.J. de; CARVALHO, J.R.P. de. Resposta de arroz de sequeiro à aplicação de fungicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 2, p.1333-1340, 1983.
- PRABHU, A.S.; BEDENDO, I.P. Principais doenças do arroz no Brasil. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 31p.
- PRABHU, A.S.; FARIA, J.C. de; CONTO, A.J. de; CARVALHO, J.R.P. de. Efeito da brusone sobre a matéria seca, produção de grãos e seus componentes, em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n.5, p.495-500, 1986.
- PRABHU, A.S.; FARIA, J.C. de. Resposta diferencial de cultivares de arroz à aplicação de fungicidas em relação à brusone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 5, p.477-483, 1987.
- PRABHU, A.S. Controle das principais doenças do arroz de sequeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.14, n. 161, p.58-63, 1989.
- PRABHU, A.S.; VIEIRA, N.R. de A. Sementes de arroz infectadas por *Drechslera oryzae*: germinação, transmissão e controle. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1989. 39p. (EMBRAPA-CNPAP. Boletim de Pesquisa, 7).
- RIBEIRO, A.S. Fungos encontrados em sementes de arroz Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, v. 5, n. 1, p.59, 1980.
- RIBEIRO, A.S. Prevalência de raças de *Pyricularia oryzae* Cav. no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 2, p.175-182, 1980.
- RIBEIRO, A.S. Compatibilidade do arroz com *Pyricularia* de outras gramíneas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, n.2, p.209-212, 1981.
- RIBEIRO, A.S.; TANAKA, M.A. de S. Doenças de arroz e medidas de controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 114, p.24- 32, 1984.
- RIBEIRO, A.S.; TERRES, A.L.S. Variabilidade do fungo *Pyricularia oryzae* e sua relação com cultivares resistentes à brusone. **Fitopatologia Brasileira**, v. 12, n. 4, p.316-321, 1987.
- SANTOS, J.R.M. dos; GALVÃO, E.U.P. Avaliação de doenças em germoplasma de arroz em várzea e em terra firme no Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p.1483-1488, 1989.

- SOAVE, J.; PIZZINATTO, M.A.; USBERTI JUNIOR, J.A.; CAMARGO, O.B.A.; VILLELA, O.V. Seleção de cultivares de arroz resistentes a alguns patógenos, mediante teste de sanidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 4, p.449-453, 1984.
- SONKU, Y. Investigação sobre a incidência e evolução das doenças importantes em principais culturas dos cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). Trabalhos técnico-científicos desenvolvidos pelo projeto de Cooperação em Pesquisa Agrícola nos Cerrados do Brasil 1980-1983. [Planaltina]: EMBRAPA-CPAC/JICA, [1984]. p.9-59. Acordo de Cooperação em Pesquisa Agrícola no Brasil firmado em 3 0.09.1977.
- SOUZA, N.R.G.; RIBEIRO, A.S.; GALLI, J. Variabilidade do fungo *Helminthosporium oryzae*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 11, p.1335-1343, 1984.
- SOUZA, N.R.G.; RIBEIRO, A.S.; GALLI, J. Identificação de fontes de resistência à mancha-parda em arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p.393-397, 1986.
- SOUZA, N.S. de; ZAMBOLIM, L. Resistência varietal do arroz (*Oryza sativa*) à queima das glumelas (*Phoma sorghina*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 12, n. 1, p.50-52, 1987.
- SOUZA, N.S. de; ZAMBOLIM, L.; THIEBAUT, J.T.L. Variabilidade de isolados de *Phoma sorghina* em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 10, p.1130-1141, 1988.
- TAKEDA YAKUHIN KOGYO KABUSHIKIKAISHA. Ine hogaresei byougai (Panicle blights of rice). Takeda Shokubutu Boueki Sousho dai-7-kan, Tokyo, 1990. 234p. Em japonês.
- THURSTON, H.D. Tropical plant diseases. St. Paul: Minnesota: The American Phytopathological Society. 1984. 208p.
- URBAEN, A.F.; SILVA WETZEL, M.M.V. da. Ocorrência, sobrevivência e controle de *Phyllosticta oryzae* em sementes de arroz produzido nas condições dos cerrados. **Fitopatologia Brasileira**, v. 5, n. 3, p.462, 1980.
- ZEIGLER, R.S.; ALVAREZ, E. Bacterial sheath rot of rice caused by *Pseudomonas fuscovaginae* in Latin America. **Plant Disease**, v. 71, p.592-597, 1987.

**MODO DE OCORRÊNCIA DO MOFO BRANCO
(*SCLEROTINIA SCLEROTIORUM*) EM FEIJOEIRO IRRIGADO
NA REGIÃO DOS CERRADOS**

Takao Mitsueda¹
Maria José d'Ávila Charchar²

RESUMO - Recentemente, a incidência do mofo branco do feijoeiro (*Sclerotinia sclerotiorum*) em áreas irrigadas na região do cerrado tem aumentado rapidamente. Pensava-se que esta doença, nesta região, surgia principalmente a partir de ascosporos. Estes, por sua vez, originados dos apotécios formados pela germinação do escleródio presentes na superfície do solo. Porém neste trabalho, esclareceu-se que o micélio originado do escleródio desempenha importante função na ocorrência da doença, principalmente no DF. Mas, como o desenvolvimento inicial da doença se processa mais acentuadamente nas folhas e vagens do feijoeiro, próximo ao solo, há uma grande dificuldade de controle por pulverização com defensivos após a sua ocorrência. Portanto, a integração de outros tipos de controle é fundamental para combater este patógeno.

¹ Fitopatologia, Consultor da EMBRAPA/JICA.

² Eng. Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

Introdução

Até 1988, o mofo branco do feijoeiro (*Sclerotinia sclerotiorum*) não era visto como uma doença tão importante na região dos cerrados. No levantamento da ocorrência desta doença nas áreas de cultivo, no Estado de Minas Gerais, não foi encontrada esta doença (Goulart, 1988). O mofo branco era antes considerado uma doença muito importante para o feijão-vagem, chegando a causar perdas consideráveis as quais prolongavam-se durante o armazenamento e transporte do produto (Sartorato et al., 1987). Desde o relato por Charchar et al (1990, 1991) de grande incidência desta doença em feijoeiro irrigado por pivô central no DF, a sua importância tem sido reconhecida nesta região.

Dentro do gênero *Sclerotinia*, são conhecidas as espécies *S. sclerotiorum*, *S. trifoliorum* e *S. minor*. Dentre estas, a *S. sclerotiorum* é um parasita de amplo espectro, havendo relatos (Purdy, 1979) sobre o parasitismo de 64 famílias, 225 gêneros e 383 espécies (incluindo espécies cultivadas), causando grandes danos em várias culturas.

Uma das características desta doença é a formação de escleródios nas plantas infectadas (Figura 1A). O escleródio é formado pelo condensamento das hifas, com o seu tamanho chegando até 10 mm, e, quando maduros, apresentam a cor negra. Este escleródio, após a morte da planta hospedeira ou da sua colheita, cai ao chão misturando-se ao solo, servindo de fonte de inóculo para o próximo plantio. O escleródio tem grande resistência às condições adversas do meio ambiente, tais como mudança na temperatura ou na umidade, mantendo a sua viabilidade pelo menos por 3 anos (Steadman, 1983), ou de 3 a 8 anos (Adams et al., 1979) no solo. Portanto, uma vez estabelecida a doença na área, o seu controle torna-se bastante difícil. O controle químico após a sua incidência é acompanhado de grande dificuldade devido ao seu meio de subsistência, como será descrito posteriormente. O objetivo deste trabalho foi estudar o processo de infecção e o desenvolvimento da *S. sclerotiorum* em feijão irrigado.



FIG. 1. Infecção e desenvolvimento de *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo branco do feijoeiro).

(A). Esclerócios formados sobre a vagem infectada. (B). Crescimento do micélio na superfície do solo, em condição de campo. Muitas folhas mortas caídas e infectadas pelo micélio originado do esclerócio. (C). Mesma descrição do B, só que mostrando em detalhe pela aproximação. (D). Vagem de feijão infectada através do contato com folha morta colonizada pelo patógeno. (E). Após a infecção do tecido sadio da hospedeira, o patógeno pode facilmente ser transmitido para outra planta pelo simples contato. (F). Apotécio no campo. O diâmetro de um disco de 3-10 mm. Compara-se ao diâmetro de um cigarro (tubo branco que esta debalxo). (G). Uma vagem ainda nova já infectada. Talvez o patógeno tenha invadido a hospedeira através de tecido senescente da flor. (H). Apotécios formados de um esclerócio em condições de campo. (I). Apotécios formados de um esclerócio em condições de laboratório. (J). Um corte longitudinal de um apotécio (x 150) é visto através do microscópio. (K). Aumento de "K" (x 600). Temos a presença de ascas e ascosporos. (L). Micélio esbranquiçado, provenientes de esclerócels na superfície do solo. (M). Folha de feijoeiro infectada quando em contato com o micélio na superfície do solo.

Metodologia e Resultados

1. Levantamento de Campo

1.1 Levantamento na Região de Brasília-DF.

Foram feitos levantamentos em 4 áreas de ocorrência do mofo branco em Brasília-DF (Tabela 1). Nessas áreas, a ocorrência da doença foi confirmada 40-60 dias após a semeadura e, desde o início, foi observando minuciosamente, a superfície do solo, e não foram verificadas a formação de apotécios, havendo sim, grande desenvolvimento e expansão do micélio em matéria orgânica, tais como em folhas caídas na superfície do solo. Este micélio se alastrava em contato com folhas e bainhas (Figura 1B, C, D). Na Fazenda Rondon, foram feitas amostragens numa área de 5 x 5 m, com a doença (Tabela 2). Após 3 semanas, observaram-se que todas as plantas estavam contaminadas. Nesse período, observando apenas o aspecto geral da área, não se percebeu a ocorrência da doença, sendo possível somente constatar o ataque do patógeno quando se observou as folhas e vagens mais próximo ao solo.

TABELA 1. Áreas avaliadas quanto a ocorrência de *S. sclerotiorum* em feijão irrigado com pivo central no DF (1990).

Fazenda	Núcleo Rural	Cultura	Nível de ocorrência
Rondon	Rio Preto	Feijão	alta
Bonato	Jardim	Feijão	média
R.L.	PAD/DF	Feijão	alta
Campinas	Rio Preto	Feijão	média

TABELA 2. Desenvolvimento do mofo branco em feijoeiro irrigado na Fazenda Rondon-DF (1990)*.

Data	Nº de plantas afetadas numa área de 5 x 5 m
25/07/90	36
01/08/90	320
09/08/90	600

* Data da semeadura: 28-30/05/90.

Entre a superfície do solo e a folhagem das plantas de feijão, cria-se um ambiente ideal com alta umidade e sombreamento, para o desenvolvimento do patógeno, permitindo o alastramento da doença para as partes sãs (Figura 1E). No período seco (período de irrigação) a temperatura média oscila em torno de 20-25°C (Figura 2), sendo a temperatura ideal para o desenvolvimento do patógeno, contribuindo para o alastramento da doença.

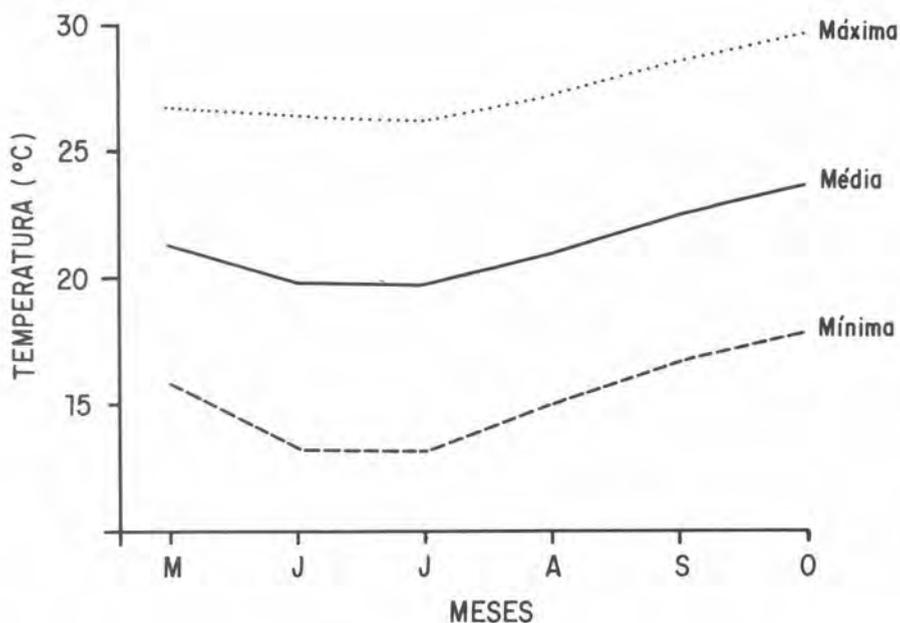


FIG. 2 - Temperatura média no período seco no ano de 1990 no CPAC.

1.2 Levantamento na Região de Paracatu-MG.

Situado a cerca de 300 km a sudeste do CPAC, em Minas Gerais, é uma das áreas principais de colonização para o desenvolvimento dos Cerrados. Pela sua distância, a frequência do levantamento foi comparativamente menor do que a realizada no DF. Também havia a dificuldade de fazer o levantamento no início da manifestação da doença, pois só se chegava ao local após o recebimento da notícia da presença da doença na área. A diferença entre a ocorrência da doença em Paracatu e no DF, foi que no primeiro local houve a formação de grande quantidade de apotécios na superfície do solo e a observação de transmissão via ascósporos, que causavam o abortamento das flores (Figura 1F, G). A quantidade de apotécios variou de 1 a 17 por metro quadrado, mas os escleródios que formavam os apotécios, na sua grande maioria, localizavam-se a uma profundidade de 0-3 cm (Tabela 3, 4). Logicamente, o micélio branco que se desenvolviam e se alastravam, em áreas de Paracatu, não diferiam com o micélio observado em área do DF. Segundo dados obtidos verbalmente em Paracatu, o surgimento da doença ocorria 35-60 dias após a semeadura, também sem grandes variações em relação ao DF. Mas esse período coincide com a floração e transmissão dos ascósporos na estrutura floral.

TABELA 3. Ocorrência de apotécios de *S. sclerotiorum* em campo infestado em Paracatu (1991).

Pontos observados	Amostras coletadas	Número de apotécios/m ²
A	a	7
	b	4
	c	1
	d	1
	e	2
B	f	6
	g	4
	h	11
	i	17
	j	7

TABELA 4. Relação entre quantidade de escleródio de *S. sclerotiorum* que formam apotécios e a profundidade do solo. (Paracatu, 1991).

Profundidade solo (cm)	Quantidade escleródio	Quantidade de apotécios por escleródio		
		Média	Min.	Máx.
0-1	25	3.1	1	6
1-2	32	2.8	1	6
2-3	11	2.3	1	4
3-4	4	1.3	1	4
4-5	1	1.0	1	1
5<	0	-	-	-

Por que a formação de apotécios em Paracatu e não no DF? Em experimentos de laboratório, utilizando-se escleródios coletados no DF e incubados em vasos, obteve-se formação de apotécios em pequena quantidade, demonstrando a capacidade de formação dos mesmos. A característica comum de ambas as áreas é que, a doença se manifesta e desenvolve após o encobrimento total da área pela folhagem, no espaço entre a superfície do solo e a folhagem do feijoeiro, causando dificuldade no seu controle por pulverizações de defensivos. No Brasil, ainda não há relatos que mostre a eficiência do controle químico desta doença, em condições de campo. São utilizadas para o controle, variedades menos susceptíveis e métodos de controle por manejo cultural. Neste 2 anos de estudo, pode-se concluir que a fonte de inóculo é o escleródio que se mistura e permanece no solo por longo tempo conforme já relatado por diversos autores (Charchar, 1991, Merriman, 1976, Santos & Dhingra, 1989). Portanto, necessita-se de um método de controle, tendo como alvo o escleródio no solo.

2. Experimento em Laboratório

2.1 Identificação dos isolados

Foram recuperados 14 isolados de *S. sclerotiorum* das partes afetadas de diferentes culturas (Tabela 5). As plantas hospedeiras foram leguminosas, como a soja, a ervilha e principalmente o feijão. Além destas, tomate, melancia e pimenta do reino foram espécies encontradas infectadas pelo patógeno.

TABELA 5. Localização, data de coleta e a espécie da planta que deu origem aos isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*.

Isolado	Local	Data	Origem
Rond.	Rio Preto, DF	julho/1990	Feijão
Claud.	Jardim, DF	outubro/1990	Feijão
Rubens	PAD/DF	julho/1190	Ervilha
Camp.	Rio Preto, DF	agosto/1990	Ervilha
SG-1	São Gotardo, MG	março/1991	Soja
SG-2	São Gotardo, MG	março/1991	Soja
SG-3	São Gotardo, MG	março/1991	Soja
Para-1	Paracatu, MG	julho/1990	Feijão
Para-2	Paracatu, MG	fevereiro/1991	Feijão
Para-3	Paracatu, MG	fevereiro/1991	Feijão
Para-4	Paracatu, MG	fevereiro/1991	Feijão
Suika	Paracatu, MG	agosto/1991	Melancia
Kosho	DF	agosto/1991	Pimenta
Tomato	Rio Preto, DF	julho/1991	Tomate

A identificação foi feita pelo Dr. Takashi Nakajima, em fevereiro e março de 1992. Estes 14 isolados foram comparados e examinados com isolados de *S. sclerotiorum* e *S. trifoliorum*, trazidos do Japão, pelo teste de reação à temperatura e teste de compatibilidade (culturas opostas), obtendo como resposta que, todos os 14 isolados são *S. sclerotiorum* (Nakajima et al., 1992).

2.2 Germinação do escleródio

Foi feito o teste de germinação com escleródios coletados na fazenda Rondon em 1989 e conservados a 5-7 °C. Solo coletado na mesma fazenda em junho de 1990, foi enchido vasos com 20 cm de diâmetro e inoçulados com escleródios a uma profundidade de 0-5 mm. Estes vasos foram deixados em casa de vegetação em local protegido da incidência direta de raios solares. Como resultado, dos 410 escleródios inoçulados, verificou-se que houve formação de apotécio a um e dois meses após a inoçulação. Esses apotécios possuíam um esterigma mais grosso, e o seu formato era de uma tijela com

bordas mais espessas. A quantidade de apotécios formados por um escleródio variavam de cinco a oito (Figura 1H e I). Não foram verificadas diferenças quanto aos ascos e ascosporos (Figura 1J e K). Além do mais, neste teste, a três e quatro dias após a inoculação dos escleródios, foi observado um crescimento de um micélio branco em abundância na superfície do solo, que contaminavam folhas de feijoeiro deixadas sobre esta colônia (Figura 1L e M).

2.3 Teste de contato do micélio com o tecido da planta de feijão

Foi feito o teste de contato em plântulas de feijão utilizando-se escleródios e solo como no item II-2. Após misturar no solo o fertilizante NPK 4-30-16, encheram-se os vasos e duas sementes de feijão variedade Carioca foram semeadas. Após dez dias, foi feita a inoculação do escleródio (1g e 0,3g) nos vasos, a uma profundidade de 5 a 10 mm. Além destes vasos, foram inoculados 30 escleródios na superfície do solo de outros vasos. Após o crescimento do micélio na superfície, utilizou-se o contato de partes sadias com folhas destacadas e infectadas que haviam sido colocadas sobre o micélio. E um outro método, na qual as folhas sadias entravam em contato direto com o micélio da superfície do solo (Figura 3).

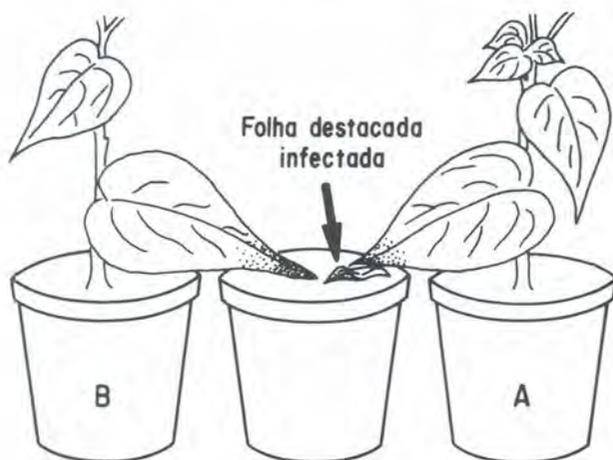


FIG. 3 - Dois métodos de infecção de *S. sclerotiorum* em feijão (A) através de folha destacada e infectada (B) direto pelo contato do micélio sobre o solo.

Na avaliação, como mostrado na Tabela 6, não se observou a ocorrência da doença no tratamento com a inoculação do escleródio em vasos. Por outro lado, foi possível transmitir a doença em folhas sadias a partir de folhas infectadas, colocadas sobre micélios que se desenvolveram na superfície do solo. A transmissão por folhas contaminadas é idêntica à observada no campo. Quanto a transmissão direta através do contato da planta sadia com o micélio na superfície do solo, foi igualmente semelhante.

TABELA 6. Teste de contato da planta de feijão com micélio originados de esclerócios de *S. sclerotiorum*.

Métodos utilizados	Quantidade de mudas testadas	Mudas que apresentaram sintomas
Sem contato da planta com micélio:		
- Inoculação de escleródio (1 g)	15	0
- Inoculação de escleródio (0.3 g)	15	0
Folha destacada e infectada	7	5
Direto pelo contato da planta com micélio sobre o solo	5	4
Testemunha	5	0

Os resultados acima descritos indicam que o escleródio e micélio desempenham importante função na ocorrência da doença, principalmente no DF.

Discussão

Existe a possibilidade de que parte do surgimento da doença na área de feijão, seja por sementes contaminadas (Steadman, 1975), além da movimentação de implementos agrícolas contaminados. Em condições adequadas de temperatura e umidade, são conhecidos dois tipos de germinação do escleródio. Existe a germinação com desenvolvimento de micélio branco e outra que desenvolve na superfície do solo, uma frutificação chamada apotécio. Nas áreas de feijoeiro no Japão, o último tipo de germinação é a mais importante e geralmente a disseminação dos ascósporos pelos apotécios é a principal fonte de inóculo primário (Akai, 1981). Em compensação, observa-se alguma ocorrência em testes em casas de vegetação, da germinação do primeiro

tipo, mas a transmissão no campo é inexpressiva (Sugimoto, 1959). Os autores constataram que no levantamento da doença no DF, não ocorria a formação de apotécio, havendo áreas com considerável ocorrência da doença exclusivamente por micélios. Saito (1977) afirma que escleródios que desenvolvem micélios tendem a suprimir a formação de apotécios. Adams et al. (1976) relata danos causados em mudas de alface diretamente por micélios oriundos do escleródio.

No feijão, não existem relatos indicando a ocorrência da doença por transmissão direta dos micélios para as plântulas, a não ser em telados. No campo, a maioria dos relatos (Hungerford et al., 1953; Natti, 1971; Abawi et al., 1975) afirmam que a transmissão para as partes sadias ocorrem somente após o contato com micélios crescidos em sementes e folhas em decomposição. Steadman (1975) afirma que é incomum a transmissão direta do micélio para as mudas. Logicamente não é necessário dizer que, em todos os relatos, a fonte de inóculo primário são os ascósporos.

Neste trabalho, tanto no levantamento de campo como no experimento de laboratório, se observou com menos frequência a transmissão da doença, por micélios originados do escleródio, para as partes sadias. O processo de infecção predominante ocorreu após a multiplicação do fungo em folhas caídas na superfície do solo, e o contato do tecido sadio neste micélio. Isto assemelha-se ao processo que os ascósporos do patógeno não conseguem infiltrar diretamente nas partes sadias, alastrando-se indiretamente por folhas mortas ou estruturas florais senescentes.

Por último, registra-se uma visão pessoal sobre o controle da doença. Foi dito que o controle da doença, após a sua ocorrência, é extremamente difícil. Portanto, o seu controle visará principalmente a redução ou a eliminação do escleródio no solo. Como foi relatado nesse experimento, os escleródios que formavam os ascósporos situavam-se, na sua grande maioria, até a 3 cm de profundidade. Merriman (1976, 1979) afirma que enterrando os escleródios com aração profunda diminui a formação de ascósporos, pelo longo período de controle da sua atividade, mas uma nova aração traz o perigo de devolver os mesmos à superfície do solo. Para um método de controle prático, necessita-se de pesquisa que inclua, por exemplo, a rotação de cultura. Radke (1986) relata que alguns herbicidas prejudicam ou deformam a formação de ascósporos, e Santos et al (1989), indicam a possibilidade de controle biológico utilizando fungos parasitas do escleródio. Ambas pesquisas serão promissoras no futuro.

Agradecimentos

Nesta oportunidade, agradeço pela orientação do ex-líder da equipe Dr. Bunkichiro Watanabe e atual líder Dr. Tadashi Morinaka e pela colaboração dos pesquisadores e funcionários da Fitopatologia do CPAC, os mais profundos agradecimentos.

Referências Bibliográficas

- ABAWI, G. S.; GROGAN, R.G. Source of primary inoculum and effects of temperature and moisture on infection of beans by *Whetzelinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 65, p.300-309, 1975.
- ADAMS, P.B.; TATE, C.T. Mycelial germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* on soil. **Plant Disease Reporter**, v. 60, p.515-518, 1976.
- ADAMS, P. B.; AYERS, W. A. Ecology of *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, v. 65, p.896-899, 1979.
- AKAI, J. Studies on the epidemiology and control of *Sclerotinia* disease of beans caused by *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) DeBary. Rep. Hokkaido **Prof. Agr. Exp. Stn.** v. 36, p.1-83, 1981.
- CHARCHAR, M.J.d'A.; NASSER, L.C.B.; GOMES, A. C. Levantamento de doenças do feijoeiro irrigado com pivô central no Distrito Federal. In: REUNIÃO SOBRE FEIJÃO IRRIGADO, GO. **Anais**. Goiânia, GO: (s.n.), 1990.
- CHARCHAR, M.J.d'A.; NASSER, L.C.B. BARRETO LUIZ, A.J.; VIVALDI, L. J. Efeito de diferentes práticas culturais no controle do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) do feijoeiro irrigado. **Fitopatologia Brasileira**, v. 16, n. 2, p.20, 1991.
- GOULART, A.C.P. Bean diseases in the northern region of the state of Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 13, n. 3, p.230-235, 1988.
- HUNGERFORD, C.W.; PITTS, R. The *Sclerotinia* disease of beans in Idaho. **Phytopathology**, v. 43, p.519-521, 1953.
- MERRIMAN, P.R. Survival of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 8, p.385-389, 1976.
- MERRIMAN, P.R.; PYWELL, M.; HARRISON, G.; NANCARROW, J. Survival of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* and effects of cultivation practices on disease. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 11, p.567-570, 1979.

- NAKAJIMA, T.; CHARCHAR, M.J.d'A.; MITSUEDA, T. Identification of causal fungi of *Sclerotinia* disease of legumes in Cerrado. 1992. No prelo.
- NATTI, J. J. Epidemiology and control of bean white mold. **Phytopathology**, v. 61, p.669-674, 1971.
- PARTYKA, R.E.; MAI, W.F. Effects of environment and some chemicals on *Sclerotinia sclerotiorum* in laboratory and potato field. **Phytopathology**, v. 52, p.766-770, 1962.
- PURDY, L.H. *Sclerotinia sclerotiorum*: History, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution and impact. **Phytopathology**, v. 69, p.875-880, 1979.
- RADKE, V.L. Effects of herbicides on carpogenic germination of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, v. 70, p.19-23, 1986.
- SAITO IZUMI. Studies on the maturation and germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) DeBary, a causal fungus of bean stem rot. Rep. Hokkaido Pref. Agr. Exp. Stn., v. 26, p.1-106, 1977.
- SANTOS, A.F.; DHINGRA, O.D. Pathogenicity of Gliocladium on the sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p.198-200, 1989.
- SARTORATO, A.; RAVA, C.A.; YOKOYAMA, M. Principais doenças e pragas do feijoeiro comum no Brasil. 3 ed. Goiânia, GO: EMBRAPA/CNPAF, 1987.
- STEADMAN, J.R. Nature and epidemiological significance of infection of bean seed by *Whetzelinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, v. 65, p.1323-1324, 1975.
- STEADMAN, J.R. White mold-a serious yield-limiting disease of bean. **Plant Disease**, v. 67, p.346-350, 1983.
- SUGIMOTO, T. On the relationships between occurrence of *Sclerotinia* disease of legumes and growth of mycelia of the pathogen. **Bull. Agr. Facul. Hokkaido Univ.**, v. 3, p.114-120, 1959.

ISOLATION AND IDENTIFICATION OF BACTERIA FROM SOYBEAN LEAVES

Koushi Nishiyama¹; Maria José D'avila Charchar²; Norio Iizuka¹

Introduction

The objective of this study is to isolate and identify some bacteria that cause disease on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill).

Although it was initially planned to study bacterial diseases of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), only two locations could be surveyed, i.e. a small field in Brasília D.F. and an experimental field of EPABA at Barreiras in Bahia State (Figure 1). However, bean plants in those fields were affected severely with rust and other fungal diseases, and no typical bacterial diseases were detected. Therefore in this study, bacterial isolates from soybean plants were examined.

Materials and Methods

Diseased plants were collected from fields located in Brasília D.F., Londrina in Paraná State, and Barreiras in Bahia State (Table 1). A fragment of a specimen obtained from a leaf where bacterial exudation was observed was treated with a 0.3% hypochlorite solution for surface sterilization. Then the fragment was homogenized with 3 ml of sterilized water with a glass-homogenizer. A loop of the homogenate was smeared onto a nutrient agar plate. Some prominent colonies grown on the medium were transferred to King's B agar slants after 4 to 6 days of culture. These isolates were used for tests of the bacteriological characteristics and pathogenicity. No specimen was obtained where two or more kinds of pathogenic bacteria were isolated together in a segment. Therefore, one isolate was selected from the isolates obtained from one and the same plant and used for further tests.

¹ Phytopathology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.



FIG. 1 - Bacterial blight of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.).

TABLE 1 - Source of tested isolates.

Isolate number	Host plant	Date of collection	Locality	Field
BR 1	Soybean cv. Cristalina	Feb. 21, 1989	Taquara, DF	Farmer's field
BR 2	Soybean cv. Cristalina	Feb. 21, 1989	Taquara, DF	Farmer's field
BR 3	Soybean cv. Cristalina	Feb. 21, 1989	Taquara, DF	Farmer's field
BR 4	Soybean cv. Cristalina	Feb. 21, 1989	Taquara, DF	Farmer's field
BR 5	Soybean cv. Cristalina	Feb. 21, 1989	Taquara, DF	Farmer's field
BR 6	Soybean cv. Cristalina	Feb. 21, 1989	Taquara, DF	Farmer's field
BR 7	Soybean cv. Cristalina	Feb. 21, 1989	Taquara, DF	Farmer's field
BR 8	Soybean cv. Cristalina	Feb. 21, 1989	Taquara, DF	Farmer's field
BR 9	Soybean cv. Doko	Feb. 21, 1989	Rio Preto, DF	Farmer's field
BR 10	Soybean cv. Doko	Feb. 21, 1989	Rio Preto, DF	Farmer's field
BR 11	Soybean cv. Doko	Feb. 21, 1989	Rio Preto, DF	Farmer's field
BR 12	Soybean cv. Doko	Feb. 21, 1989	Rio Preto, DF	Farmer's field
BR 13	Soybean cv. Doko	Feb. 21, 1989	Rio Preto, DF	Farmer's field
LN 2	Soybean	Feb. 28, 1989	Londrina, PR	Experimental field
LN 3	Soybean	Feb. 28, 1989	Londrina, PR	Experimental field
LN 6	Soybean	Feb. 28, 1989	Londrina, PR	Experimental field
LN 10	Soybean	Feb. 28, 1989	Londrina, PR	Experimental field
LN 17	Soybean	Feb. 28, 1989	Londrina, PR	Experimental field
LN 18	Soybean	Feb. 28, 1989	Londrina, PR	Experimental field
LN 19	Soybean	Feb. 28, 1989	Londrina, PR	Experimental field
BA 24	Soybean	March 16, 1989	Barreiras, BA	Experimental field
BR 25	Soybean	March 17, 1989	Roda Velha, BA	Farmer's field
BA 27	Soybean	March 17, 1989	BR 020, Km 320, BA	Farmer's field
BA 28	Soybean	March 17, 1989	BR 020, Km 320, BA	Farmer's field

Bacteriological characteristics were tested by the methods listed in the references cited below (Nishiyama, 1978). Some modifications were made to prepare the media if the recommended reagents were not available. Leaves of potted soybean were smeared with a bacterial suspension, ca 10⁹ cfu/ml, using a painting brush and covered with vinyl film over-night to maintain moist conditions. Then the inoculated plants were kept in the green house to observe the pathogenicity.

Results

The twenty four bacterial isolates listed in Table 1 were divided into two groups, 18 isolates with white colonies and 6 isolates with yellow colonies. The bacteriological characteristics tested are shown in Table 2. The bacteria with white colonies showed similar characteristics. The pathogenicity test to soybean cv. EMGOPA 302 gave inconclusive results. The isolates with yellow colonies hardly grew on the slants and did not produce acid, which was the test for the utilization of the sole carbon source. They induced typical symptoms accompanied with pustules on soybean cv. EMGOPA 302.

TABLE 2 - Bacteriological characteristics of tested isolates.

Character	Isolate									
	BR	BR	BR	BR	LN	LN	LN	BA	BA	BA
	1-4	5,6	7,8	9-13	2,3,6	10	17-19	24	25	27,28
Colony color	Wa)	W	W	W	Yb)	W	Y	W	W	W
Shape of cell	SRc)	SR	SR	SR	SR	SR	SR	NTd)	NT	NT
Relation to oxygen	Ae)	A	A	A	A	A	A	NT	NT	NT
Gram reaction	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Green fluorescent	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Pigment	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Water insoluble pigment	-	-	-	-	Y	-	Y	-	-	-
Motility	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Growth at 33°C	+	+	+	+	+	+	+	NT	NT	NT
35°C	-	-	-	-	+	-	+	NT	NT	NT
40°C	-	-	-	-	-	-	-	NT	NT	NT
Potato soft rot	-	-	-	-	-	-	-	NT	NT	NT
H ₂ S production	-	-	-	-	+	-	+	NT	NT	NT
Levan formation	+	+	+	+	N	+	NT	+	+	+
Slimy growth on 5% Sucrose	NT	NT	NT	NT	d) +	NT	+	NT	NT	NT
Hydrolysis of esculin	-	-	-	-	+	-	+	-	NT	-
Utilization of Asparagine	+	+	+	+	-	+	-	NT	NT	NT
Reduction of nitrate	-	-	-	-	-	-	-	NT	NT	NT
Liquefaction of gelatin	-	+	-	-	+	-	+	-	NT	-
Acid production from Glucose	+	+	+	+	-	+	-	+	NT	+
Sucrose	+	+	+	+	-	+	-	+	NT	+
Trehalose	-	-	-	-	-	-	-	-	NT	-
Mannitol	-	-	-	-	-	-	-	-	NT	-
Sorbitol	-	-	-	-	-	-	-	-	NT	-
Inositol	-	-	-	-	-	-	-	-	NT	-
Galactitol	-	-	-	-	-	-	-	-	NT	-
Erythrytol	-	-	-	-	-	-	-	-	NT	-
Alkali production from L-Tartrate	-	-	-	-	-	-	-	-	NT	-
Pathogenicity to Soybean cv. EMGOPA 302	Xf)	X	X	X	+	X	+	NT	NT	NT

+: positive, -: negative, a) W: white, b) Y: yellow, c) SR: short rod, d) NT: not tested, e) A: aerobic, f) X: inconclusive result

Discussion

The eighteen isolates with white colonies consisted of short-rods, that were aerobic and Gram-negative. They produced green fluorescent pigment, and utilized L-tartrate and sucrose. They were obtained from soybean leaves which showed symptoms of bacterial blight (Figure 2). Though their pathogenicity was not fully confirmed, they were tentatively identified as *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* (Coerper, 1919) Young, Dye and Wilkie 1978.



FIG. 2 - Bacterial pustule of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill).

The six isolates of with yellow colonies which consisted of short-rods and were Gram-negative. They appeared slimy on nutrient agar supplemented with 5% sucrose and produced a water-insoluble yellow pigment and hydrogen sulfide. They did not grow in asparagine medium where asparagine was the sole source of carbon and nitrogen. They were pathogenic to soybean cv. EMGOPA 302 and induced the formation of pustules. They were therefore identified as *Xanthomonas campestris* pv. *glycines* (Nakano, 1919) Dye 1978.

Bacterial diseases of soybean like *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* (Bacterial Blight), that is more common in Brazil, *Xanthomonas campestris* pv. *glycines* (Bacterial Pustule) and *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* (Wildfire) have been studied in this country (Yorinori, 1986).

Soybean fields with the cultivar "Doko" were severely attacked by bacterial blight in Brasília D.F. and no other cultivar, was affected to such an extent. In the inoculation test, the soybean cultivar "EMGOPA 302" did not show typical symptoms after infection with the isolates of *P. syringae* pv. *glycina*, presumably due to differences in varietal resistance to the pathogen.

In the experimental station, EPABA, in Barreiras, one soybean cultivar out of hundreds showed symptoms of bacterial blight while the others were not affected. Those cultivars were supplied by EPABA with seeds from EMBRAPA/CNPSoja in Londrina and were grown to observe their genetic characteristics under field conditions. The cultivar affected may indicate that the seeds were infected by the pathogen before sowing.

Acknowledgment

K. Nishiyama has been staying at the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Brasília D.F. as short term expert under the Cooperation Project for the Research Program on Agricultural Production in the Acid "Savanna" Region of the Cerrados for two months from February 12 to April 7, 1989.

During this period, we conducted some experiments on bacterial diseases of legumes. The results obtained are described in the present paper.

We wish to express our cordial thanks to Dr. Carlos Magno Campos da Rocha, Chief of the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), for his continuous encouragement. We deeply thank Mrs. Nair Seiko Hayashida for her support. Our sincere thanks are also due to the members of the Phytopathology Laboratory, for their generous assistance during the course of the studies. We are much obliged to Dr. Bunkichiro Watanabe (Team Leader of the Project), Mr. Yoshimune Nihei (Coordinator of the team), Dr. Norio Iizuka (Expert of Plant Pathology) and other Japanese experts for the constant advice and encouragements. We wish to thank the Japan International Cooperation Agency (JICA) for the financial support for this study.

References

- NISHIYAMA, K.; EZUKA, A. **Methods of identification of plant pathogenic bacteria.** (s.l.:s.n.), 1975. 81p. Trabalho fotocopiado.
- NISHIYAMA, K. **Proposed method for identification of plant pathogenic bacteria.** Shokubutsu Boeki v.32, p.283-288, 1978. (Em Japonês).
- NISHIYAMA, K.; AZEGAMI, K.; OSADA, S.; NAKASONE, W.; EZUKA, A.; WATANABE, Y. Bacterial diseases of soybean and their pathogens in Japan. **Bull. Nat. Inst. Agro-Env. Sci.** v.1, p.83-94, 1986. (Texto em japonês com resumo em inglês).
- SCHAAD, N.W. **Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria.** 2nd. ed. (s.l.): American Phytopathological Society. 1988, 164p.
- SINCLAIR, J.B. **Compendium of Soybean Diseases.** 2nd. ed. (s.l.): American Phytopathological Society. 1982, 104p.
- YORINORI, J.T. **Doenças da soja no Brasil.** In: A soja no Brasil Central. 3. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1986, p.300-364.

ATTEMPTS OF MECHANICAL TRANSMISSION AND SEROLOGICAL TESTS OF BEAN GOLDEN MOSAIC VIRUS IN BRAZIL

Yohachiro Honda¹; Maria José D'avila Charchar²; Norio Iizuka¹

Introduction

Bean golden mosaic is a common disease that attacks bean and lima bean in Latin America. The causal virus is transmitted persistently in nature and in the laboratory by the whitefly, *Bemisia tabaci*. The disease was first reported in Brazil in 1965 (1) as a minor disease of bean in the State of São Paulo. In the last few years, it has become a major disease of bean and is now a limiting factor hampering bean production in Brazil. Attempts to transmit Brazilian bean golden mosaic virus (BGMV-B) by mechanical inoculation have failed to enhance the transmission (1, 2, 3).

In this paper, we describe the mechanical transmission and serological specificity of BGMV-B, Puerto Rican BGMV (BGMV-P) and mung bean yellow mosaic virus (MYMV) from Thailand.

Materials and Methods

1. Virus source and maintenance

Bean and lima bean plants showing golden mosaic symptoms were collected from fields in EMBRAPA/CPAC, Núcleo Rural Rio Preto and Jardim D.F. in 1989. The virus was maintained in bean and lima bean plants by graft transmission in a greenhouse at CPAC, Brazil.

2. Mechanical inoculation

The inoculum of BGMV-B was prepared by grinding systemically infected young leaves in 0.1 M phosphate buffer, pH 7.8, containing 0.1% thioglycolic acid, using a chilled mortar and a pestle. Inoculations were

¹ Phytopathology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

³ Phytopathology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

performed by rubbing carborundum-dusted primary leaves of the test plants with cotton wool soaked in the homogenate. Seedlings of the test plants used for the mechanical inoculation tests were about 8 days old. The plant species tested were *Phaseolus lunatus* L. var. Henderson Bush (lima bean), *P. vulgaris* L. var. Carioca, Rico 23, Roxo and Top Crop (bean), *Glycine max* (L). Merr. var. Shirotsurunoko, and *Vigna radiata* var. M7A (mung bean).

3. Serological tests

Serological relationships among BGMV-B, BGMV-P and *Euphorbia* mosaic virus (EMV) were examined by agar gel double diffusion tests using 0.85% agar containing 0.8% sodium chloride and 1 mM sodium ethylenediaminetetraacetate (EDTA). All the antigens were partially purified from BGMV-B-infected leaves of Carioca bean and lima bean, and EMV-infected leaves of *Euphorbia brasiliensis* collected at CPAC. Healthy leaves of Carioca bean and *E. brasiliensis* were used as controls.

Fresh leaves were homogenized in 0.1M phosphate buffer, pH 7.8, containing 0.1% thioglycolic acid, 10 mM sodium diethyldithiocarbamate and 1 mM EDTA. The extract was clarified by the addition of one-half volume of chloroform and was centrifuged at low speed. The solution of the aqueous phase was subjected to ultra-centrifugation at 125,000 g for 90 min. The pellets were suspended in 0.1 M phosphate buffer, pH 7.8. The partially purified preparations were used for serological tests.

Antisera against BGMV-P and MYMV were supplied by Dr. M. Ikegami, NODAI Research Institute, Tokyo University of Agriculture, Tokyo, Japan.

Results and Discussion

1. Symptoms in bean, lima bean and *Euphorbia brasiliensis*

Carioca bean plants showing vein yellowing and golden mosaic symptoms were observed in the fields of CPAC. (Figure 1), Núcleo Rural Rio Preto and Jardim. Lima bean plants showing vein yellowing and golden mosaic symptoms in the fields of CPAC were grafted to healthy lima bean seedlings.

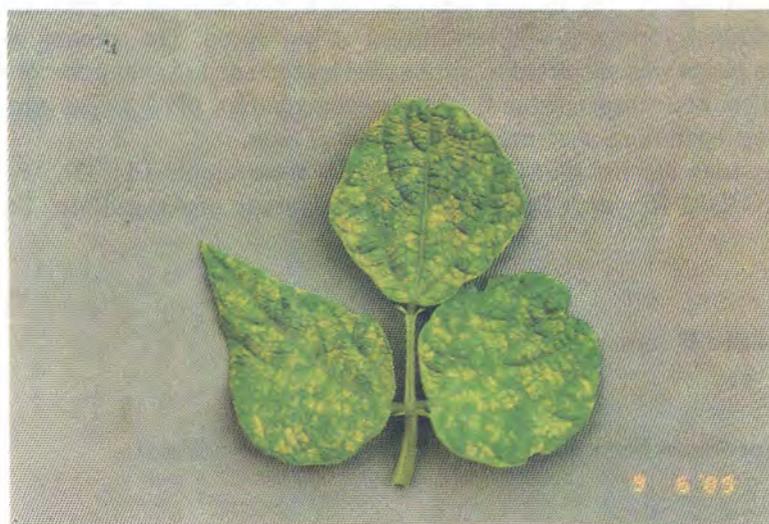
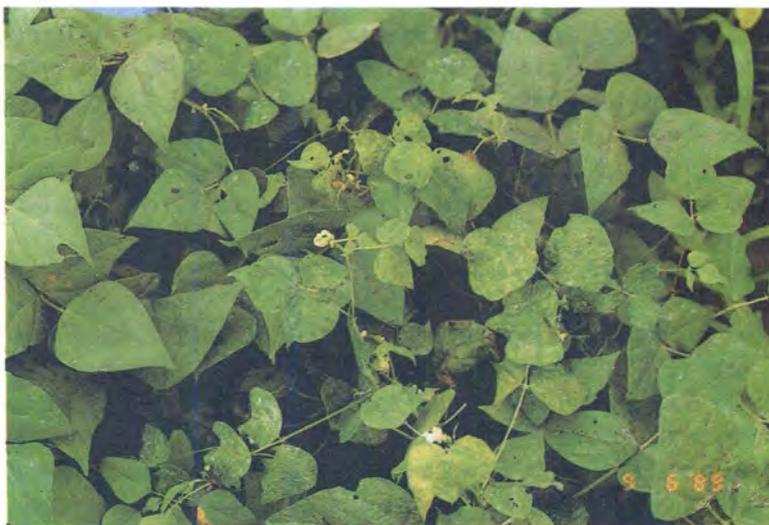


FIG. 1 - Symptoms of bean golden mosaic disease in Carioca bean in the field of CPAC (Upper). An enlargement view of upper leaves of Carioca bean (Lower).

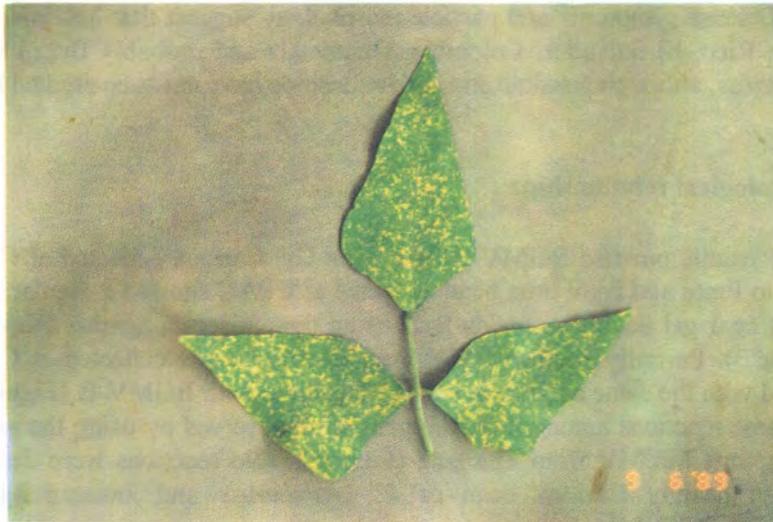


FIG. 2 - Symptoms of bean golden mosaic disease in grafted lima bean (Upper). An enlargement view of upper leaves of lima bean (Lower).

Similar symptoms appeared in the grafted plants (Figure 2). *E. brasiliensis* plants showing vein yellowing symptoms were also found at the campus of CPAC and in the bean fields of Núcleo Rural Rio Preto and Jardim. The symptoms induced by BGMV-B in bean and lima bean were similar to those caused by BGMV-P (4, 5), but not to those caused by MYMV (6, 7).

2. Mechanical inoculation

Among the four plant species belonging to the family Leguminosae, no plants showed any symptoms after mechanical inoculation with the crude sap extracted from BGMV-B-infected lima bean leaves.

In Brazil many attempts made by several investigators to transmit BGMV-B by mechanical inoculation have failed (1, 2, 3). Our first attempt of transmission by mechanical inoculation of BGMV-B was also unsuccessful in a greenhouse at CPAC, Brazil. We have reinoculated BGMV-B mechanically to several legumes. It is necessary to observe whether the symptoms will appear in the inoculated plants.

Disease symptoms and particle morphology suggest that MGMV from Puerto Rico, El Salvador, Colombia, Guatemala and probably Brazil is the same virus, although possible strain relationships have not been studied (4).

3. Serological relationships

Partially purified BGMV-B from bean Cv. Carioca collected at CPAC and Rio Preto and from lima bean collected at CPAC showed a similar reaction in agar gel double diffusion tests using the antiserum against BGMV-P (Figure 3). Partially purified EMV from *E. brasiliensis* collected at CPAC reacted with the same antiserum by forming spurs with BGMV-B (Figure 3). The same reactions among these antigens were observed by using the antiserum against MYMV from Thailand (Figure 4). No reactions were detected between healthy Carioca bean of *E. brasiliensis* and antisera against BGMV-P or MYMV.

It thus appears that there is no serological difference between BGMV-B and BGMV-P on the basis of serological tests. BGMV-B could be distinguished from EMV by the use of antisera against BGMV-P or MYMV. BGMV-B was different from EMV serologically.

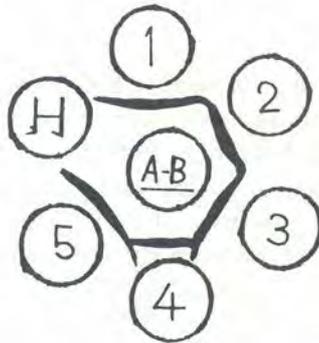


FIG. 3 - Agar gel double diffusion tests of Brazilian bean golde mosaic virus (BGMV -B) and *Euphorbia* mosaic virus (EMV).

A-B= Antiserum against Puerto Rican BGMV. - 1= BGMV-B from Carioca bean in CPAC. - 2,5=BGMV-B from lima bean in CPAC. - 3=BGMV-B from Carioca bean in Rio Preto. - 4=EMV from *Euphorbia* in CPAC.



FIG. 4 - Agar gel double diffusion testes of Brazilian bean golden mosaic vírus (BGMV-B) and *Euphorbia* mosaic virus (EMV).

A-M= Antiserum against mung bean yellow mosaic virus. - 1= BGMV-B from Carioca bean in CPAC. 2,5=BGMV-B from Carioca bean in CPAC. - 3=BGMV-B from Carioca bean in Rio Preto. - 4=EMV from *Euphorbia* in CPAC.

Conclusion

1. Bean, lima bean and *Euphorbia brasiliensis* plants showing golden mosaic or vein yellowing symptoms were observed in the fields of CPAC, Núcleo Rural Rio Preto and Jardim in 1989.

2. No bean, lima bean, soybean and mung bean plants showed any symptoms by mechanical inoculation of BGMV-B from infected lima bean.

3. BGMV-B from Carioca bean showed a identical reaction in serological tests using the antiserum against BGMV-P.

4. BGMV-B was different from EMV serologically.

Acknowledgement

Y. Honda has been staying at the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Brasília D.F. as a short term expert dispatched from JICA under the Japan-Brazil Agricultural Research Cooperation Project from August 19 to September 25, 1989.

We have conducted some experiments on bean golden mosaic virus of bean and lima bean. The results obtained are described in the present paper.

We wish to express our cordial thanks to Dr. José Roberto Rodrigues Peres, Chief of the CPAC for his kind encouragement. We deeply thank Ms. Nair Seiko Hayashida for her support. Our sincere thanks are also due to the members of the Phytopathology Laboratory for their generous assistance during the course of this study. We are greatly indebted to Dr. Bunkichiro Watanabe, Team Leader of the Project, Mr. Yoshimune Nihei, Coordinator of the team, Mr. Alberto Yuji Sugimoto, Assistant of the team and other Japanese experts for their helpful suggestions. We wish to thank the Japan International Cooperation Agency (JICA) for the financial support for this study.

References

- COSTA, A.S. Three whitefly-transmitted virus diseases of beans in São Paulo, Brazil. FAO Plant Protection Bulletin, v.13, p.121-130, 1965.

- FIGUEIRA, A.R.; COSTA, A.S. Attempts to transmit bean golden mosaic virus from Brazil by mechanical inoculation. **Fitopatologia Brasileira** v. 11, p.433-442, 1986.
- FLORES, E.; SILBERSCHMIDT, K. Studies on a new virus disease of *Phaseolus longipedunculatus*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 38, p.327-334, 1966.
- GOODMAN, R.M.; BIRD, J. Bean golden mosaic virus. **Commonw. Mycol. Inst. Assoc. Appl. Biol. Descriptions of Plant Viruses**, n. 192, 1978. 4p.
- GOODMAN, R.M.; BIRD, J.; THONGMEEARKOM, P. An unusual virus like particle associated with golden yellow mosaic of beans in Puerto Rico. **Phytopathology**, v. 67, p.37-42, 1977.
- HONDA, Y.; IKEGAMI, M. Mung bean yellow mosaic virus. **Assoc. Appl. Biol. Descriptions of Plant Viruses**, n. 323, 1986. 4p.
- HONDA, Y.; IWAKI, M.; SAITO, Y.; THONGMEEARKOM, P.; KITTISAK, K.; DEEMA, N. Mechanical transmission, purification, and some properties of whitefly-borne mung bean yellow mosaic virus. **Plant Disease**, v. 67, p.801-804, 1983.

IDENTIFICATION OF CAUSAL FUNGI OF *SCLEROTINIA* *DISEASE OF LEGUMES IN THE CERRADOS*

Takashi Nakajima¹
Maria José d'Avila Charchar²
Takao Mitsueda³

Introduction

White mold of legumes is an important disease in the Cerrado region of Brazil (1,2,3). Irrigation in the dry season and monoculture of susceptible crops increase the inoculum potential of pathogens. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary and *Sclerotinia trifoliorum* Erikss had been known to be the causal fungi of *Sclerotinia* stem rot of legumes and differ in their epidemiological characteristics (4,5). Therefore accurate identification is necessary to control the disease. The objective of this study was to differentiate the isolates of *Sclerotinia* sp. collected in the Cerrados with *Sclerotinia sclerotiorum* and *Sclerotinia trifoliorum* imported from Japan.

Materials and Methods

Fungus: Fourteen isolates of *Sclerotinia* sp. obtained by Dr. Mitsueda in 3 areas of the Cerrado region in Brazil were used (Table 1). Standard isolates of *Sclerotinia sclerotiorum* (SB-1) and *Sclerotinia trifoliorum* (YW-4) were imported from Japan (import permits N° 03782).

¹ Phytopathology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

³ Phytopathology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

TABLE 1 - Location, year of isolate collection and source plants of *Sclerotinia* spp.

Isolate	Location	Year	Source plant
S-B1 ^a	Morioka, Japan	'89.7	Rape
YW-4 ^b	Yamagata, Japan	'89.4	White clover
YA-1	Morioka, Japan	'90.4	Alfalfa
Rond	Brasília DF, Brazil	'90.7	Common bean
Suika	Paracatu MG, Brazil	'91.8	Watermelon
Kosyo	Brasília DF, Brazil	'90.8	Pepper
Tomato	Brasília DF, Brazil	'91.7	Tomato
Endo	Brasília DF, Brazil	'90.8	Pea
Claud	Brasília DF, Brazil	'90.7	Common bean
SG-1	São Gotardo MG, Brazil	'91.3	Soybean
SG-2	São Gotardo MG, Brazil	'91.3	Soybean
SG-3	São Gotardo MG, Brazil	'91.3	Soybean
P-1	Paracatu MG, Brazil	'91.2	Common bean
P-2	Paracatu MG, Brazil	'91.2	Common bean
P-3	Paracatu MG, Brazil	'91.2	Common bean
P-4	Paracatu MG, Brazil	'91.2	Common bean

a) standard isolate of *Sclerotinia sclerotiorum* identified in Japan.

b) standard isolate of *Sclerotinia trifoliorum* identified in Japan.

Cultural properties: The mycelial growth rate of *Sclerotinia* sp. was determined by placing each 9 mm mycelial disc on a PDA plate incubated at 5, 10, 15, 20, 25, 27, 30°C and by measuring the mycelial length every 24 hours. Two standard isolates of *Sclerotinia sclerotiorum* (SB-1) and *Sclerotinia trifoliorum* (YW-4) were used for comparison with the characteristics of the present isolates of *Sclerotinia* sp. collected in Brazil.

Mycelial interactions between *Sclerotinia* sp. and the standard isolates were tested by placing each isolate on a Difco- PDA plate in a 9 cm Petri dish at 20°C for two weeks. Each 9 mm agar disc from the margins of actively expanding young colonies on PDA was plated 5-6 cm apart in each dish with three replications. Mycelial interactions in the regions of association between the isolates were examined according to the three reaction types defined by Wong and Willets (6): (i) free intermingling of mycelia without antagonism and occasional hyphal anastomoses; (ii) formation of a raised white zone between mycelia, later becoming darkly pigmented, this incompatibility zone associated with excessive branching of hyphal tips at the margins of one or both of the colonies; (iii) brown incompatibility zone between mycelia, accompanied by early lysis of the tips of the peripheral hyphae of one of the colonies.

Results and Discussion

Relationship between mycelial growth and incubation temperature: Temperature responses of mycelial growth of *Sclerotinia* sp. collected in the Cerrados on PDA were similar to those of *S. sclerotiorum* SB-1 but not to those of *S. trifoliorum* YW-4 (Fig.1). Optimal temperature for mycelial growth of *Sclerotinia* sp. ranged from 20°C to 27°C, while very little growth occurred at 30°C and 5°C. The *S. trifoliorum* YW-4 grew more slowly than *Sclerotinia* sp. and its optimal temperature was lower than 20°C. A brown pigmentation was observed in the cultures of *Sclerotinia* sp. at a temperature above 25°C during the 10 day period of incubation. Optimal temperature for sclerotial formation of *Sclerotinia* sp. ranged from 20°C to 25°C, while sclerotia were not formed at 30°C and below 10°C.

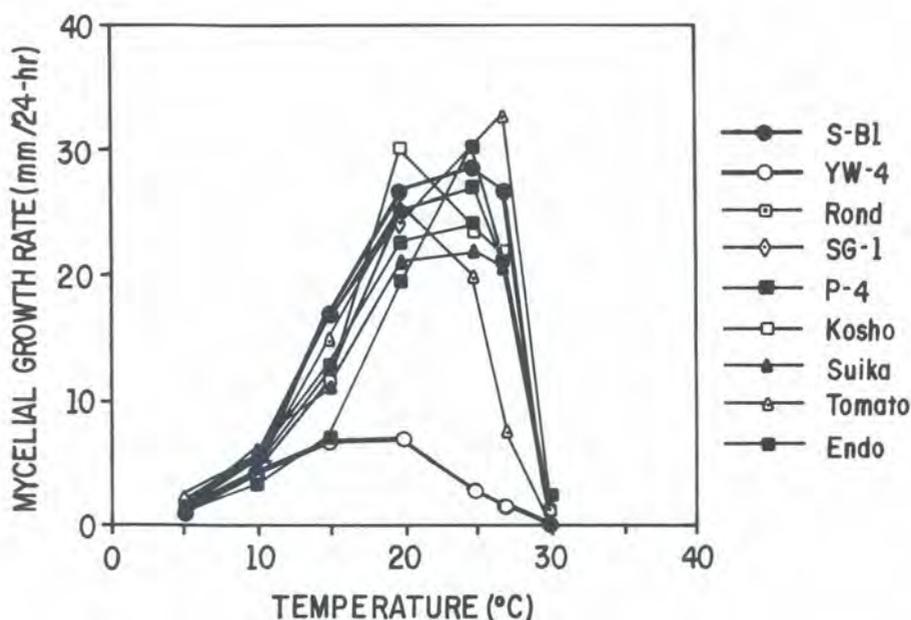


FIG. 1 - Effect of temperature on mycelial growth rate of *Sclerotinia* sp. collected in Brazil and standard isolate of *Sclerotinia sclerotiorum* (SB-1) and *S. trifoliorum* (YW-4).

Mycelial interaction:

The mycelial interaction between *Sclerotinia* sp. from the Cerrados and *S. sclerotiorum* SB-1 or *S. trifoliorum* YW-4 was studied. The mycelia of the isolates from the Cerrados and those of *S. sclerotiorum* SB-1 intermingled freely without the formation of a brown zone in the regions of association on PDA medium, and they corresponded to Wong's (6) reaction type (i). On the other hand, a white zone could be seen without magnification between the mycelia of the isolates from the Cerrados and those of *S. trifoliorum* YW-4 (Table 2). Microscopic examination revealed that this white zone was due to the excessive branching of hyphal tips of one or both colonies (Fig 2). This type of interaction corresponded to Wong's (6) reaction type (ii). A dark brown pigmented zone along the region of association was observed between *S. sclerotiorum* SB-1 and *S. trifoliorum* YW-4. On the other hand, a pigmented zone was not clear by revealed between the Cerrado isolates and *S. trifoliorum* YW-4 (Fig.3). This difference in pigmentation may indicate the presence of geographic variations in the physiological metabolism of the isolates of *S. sclerotiorum* between Japan and Brazil.

TABLE 2 - Types of mycelial interaction occurring between isolates of *Sclerotinia* sp. collected in Brazil, *S. sclerotiorum* and *S. trifoliorum* 10 days after inoculation on PDA at 20 °C.

Isolate	Reaction type ^a	
	YW-4	SB-1
YW-4	(i)	(ii p+)
SB-1	(ii p+)	(i)
Rond	(ii p-)	(i)
Suika	(ii p-)	(i)
Kosyo	(ii p-)	(i)
Tomato	(ii p-)	(i)
Endo	(ii p-)	(i)
Claud	(ii p-)	(i)
SG-1	(ii p-)	(i)
SG-2	(ii p-)	(i)
SG-3	(ii p-)	(i)
P-1	(ii p-)	(i)
P-2	(ii p-)	(i)
P-3	(ii p-)	(i)
P-4	(ii p-)	(i)

^a Data based on modified Wong and Willets' mycelial reaction type: (i) mycelia intermingle freely without any incompatible reactions

(ii p+) formation of a white zone between mycelia, later becoming darkly pigmented.

(ii p-) formation of a white zone between mycelia without pigmentation.

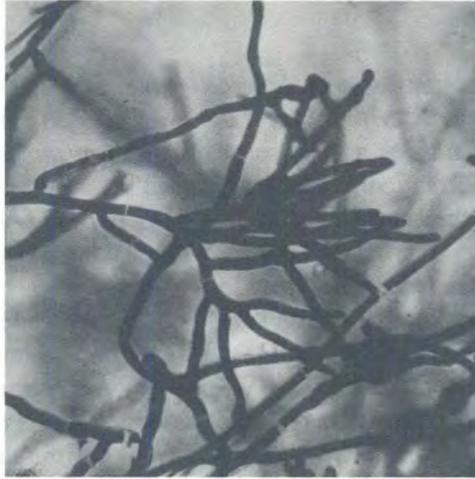


FIG. 2 - Excessive hyphal branching reaction of SG-1 when approaching the mycelial front of YW-4 in PDA agar.

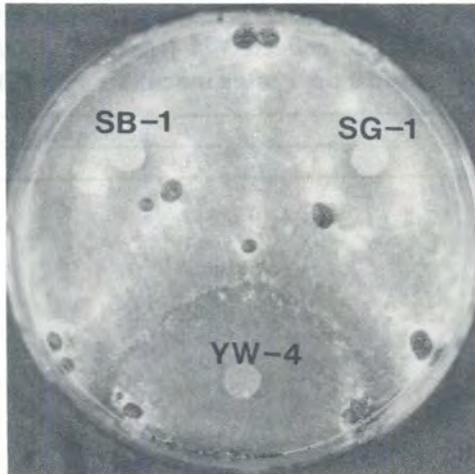


FIG. 3 - Mycelial interaction among three isolates of *Sclerotinia*. Reaction between SB-1 and SG-1 showing no antagonism, between SB-1 and YW-4 showing brown pigmentation, between SG-1 and YW-4 showing a white reaction zone.

Co-inoculation method could be useful for practical application in specific identification, if standard identified isolates are available. The reaction type between mycelia of the isolates reflects their genetic relationship. The intermingling of hyphae without incompatibility and anastomosis in type (i) suggests a very close relationship. The white zone due to excessive branching of hyphal tips in type (ii) indicates a genetic incompatibility between the Cerrado isolates and *S. trifoliorum*.

In conclusion, all the isolates of *Sclerotinia* sp. collected in the Cerrado region should be identified as *Sclerotinia sclerotiorum*. However, the determination of the number of nuclei in the ascospore is necessary for final identification.

References Bibliografics

- CHARCHAR, M.J.d'A; NASSER, L.C.B.; GOMES, A.C. Levantamento de doenças do feijoeiro irrigado com pivô central no Distrito Federal. In: REUNIÃO SOBRE FEIJÃO IRRIGADO, 1, 1988, Goiânia, GO: [s.n.], 1990.
- CHARCHAR, M.J.d'A; NASSER, L.C.B.; BARRETO LUIZ, A.J.; VIVALDI, L.J. Efeito de diferentes práticas culturais no controle do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) do feijoeiro irrigado. **Fitopatologia Brasileira**, v. 16, n. 2, p.20, 1991.
- MITSUEDA, T.; CHARCHAR, M.J.d'A. Mofo branco do feijoeiro (*Sclerotinia sclerotiorum* nos Cerrados: estudos recentes e métodos de controle. In: SEMINÁRIO SOBRE OS PROGRESSOS DA PESQUISA AGRONÔMICA NA REGIÃO DOS CERRADOS. 1991, Cuiabá. **Anais**. Brasília: EMBRAPA/JICA, 1992. p. 75-80.
- WILLETTS, H.J.; WONG, J.A.L. The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. trifoliorum*, and *S. minor* with emphasis on specific nomenclature. **Botanical Review**, v. 46, p.101-165, 1980.
- WILLIAMS, G.H.; WESTERN, J.H. The biology of *Sclerotinia trifoliorum* Erikss. and other species of sclerotium-forming fungi. **Annals of Applied Biology**, v. 56, p.253-268, 1965.
- WONG, J.A.L.; WILLETTS, H.J. A taxonomic study of *Sclerotinia sclerotiorum* and related species: Mycelial interactions. **Journal Genetic Microbiology**, v. 90, p.355-359, 1975.

MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

DEVELOPMENT OF LABORATORY AUTOMATION SYSTEM FOR THE PERFORMANCE TEST OF AGRICULTURAL MACHINERY

Ken Taniwaki¹, Sergio Mauro Folle²,
Cláudio Alberto Bento Franz²

1. Background

Actually in CPAC (Cerrados Agricultural Research Center) the system used of collect the data of tractor performance is based on load cell transducers, strain meter and galvanometer. All the data is stored on the photo sensytive paper in the galvanometer. The system is mounted on the tractor, and the data printed in the paper is processed by means of planimeter in the laboratory after test is over. Reading the peak data on the photo sensytive paper is difficult that the calculation of average or fraction of the data have some misreadings. It takes a lot of time to read the data on it, so the repetitions of the testing is limited by this processing time.

2. Objective

The objective of this study is to develop a real time data processing system (part of Laboratory Automation System) with a personal computer to minimize the data processing time required in the conventional method using a galvanometer and planimeter. This new method will be applied for the performance test of agricultural machinery in the field.

3. Materials

Instruments used are as follows:

1. Four Channel Magnetic Cassette Tape Data Recorder, Type RTP-50Aby KYOWA LTD. JAPAN.

¹ Agricultural Mechanization Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agrícola, M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planatina, DF.

2. Digital Storage Oscilloscope with RS232C interface, Type VC-6025 by HITACHI CO. LTD. JAPAN.
3. 1h bit Personal Computer with MS-DOS V 3.3 and Basic, Type 98 note by NEC JAPAN.
4. Data Acquisition Program in Basic, Type "SDAS" by TANIWAKI, FOLLE, FRANZ.

4. System Configuration

The Simple Data Acquisition System (SDAS) is composed of three parts. The first part of SDAS consists of a 4 channel data recorder (RTP-50A by Kyowa Electronics Co. Ltd). Data from the combination of transducer and amplifier are stored in the Phillips standard cassette tape. But the way that the data are stored in the tape is quite different from that of an audio cassette recorder. The signals are frequency-modulated for the stability of the data. Input signals should not exceed ± 5 V and the signal noise ratio should not be less than 42 dB. The recordable frequency should not exceed 2.5 KHz when using a 9.52 cm/sec tape speed, or 1.25 KHz when using a 4.76 cm/sec tape speed. Since the data recorder does not have an erasing head, the user must see to it that the old tape has passed through the magnetic eraser.

The second part of the SDAS consists of a storage oscilloscope (VC6025 by Hitachi Co. Ltd.) used for the conversion of analog data to digital data. The storage oscilloscope is equipped with a 8 bit converter of analog to digital. The precision of the data reaches 256 level steps of acquisition range. Since the conversion speed of the storage oscilloscope exceeds 50 MHz, the frequency band width of the data without aliasing is around 20 MHz. After the data are converted into digital data, they are stored in several frames of memory, the first one being a display memory. SDAS is using only this frame of memory. There is another display memory for channel 2, and 2 acquisition memories. The size of the display memory is 1000 words, corresponding to 1000 bytes. The size of the acquisition memory is 2000 words in roll mode and normal mode or 1000 words in equivalent mode. All the data are stored in these frames of memory and they are transferred into the personal computer.

The third part of SDAS consists of a personal computer and its software. Any kind of personal computer can be used, but in SDAS a PC9801 series personal computer (by NEC) is used. One floppy disk with

1.2 mega byte data capacity and one external (but enclosed in a casing) random access memory used as ram diskette are supplied as external storage device. Capacity of the main memory is 640 Kbytes. Central processing unit of the system is cmos type v30 (it is a LSI object compatible with Intel's 8086 and produced by NEC). Operating system is MSDOS v. 3.3. by Microsoft. Handling program is written in BASIC (N88BASIC by NEC, one of the dialects of Microsoft BASIC). Stored data are transferred and stored in files in order to calculate several parameters. SDAS can calculate only a simple mean of the 1000 data of the display memory. It will be extended for connection to other signal processing softwares.

5. Preparation

If necessary the data recorder of SDAS can be transferred to the proper site to obtain the data. For the testing of a tractor pull bar draft, the instrument should be mounted on the tractor and the data can be obtained from the combination of the load cell which is used to determine the distortion or load by a strain gauge and strain amplifier, i.e. a special amplifier consisting of a modulated power supply and demodulated amplifier.

After all the cables are connected correctly, strain meters are balanced by pushing the automatic balancer switch. If the arrow of the monitor ammeter appears in the center of the display, it is assumed that the cables are well connected, if not, the cables, connectors, and the transducer itself should be checked. Next the adequate strains for the testing should be estimated. Strain gauge type transducer usually takes a value of 3000 micro distortion at the maximum limit of the measurement. For the load cell, if the maximum measurement value of the transducer is 5000 kgf, and assuming that the value of the pull bar draft is 1500 kgf, and the operation is not difficult, 2000 micro for 2 volt of the calibration voltage is adequate. These are the preparations for the measurement.

6. Operation

6.1. Operation of data recorder

The operation of the data recorder is similar to that of a usual audio tape recorder be except for the adjustment of the zero base, and level of

input. Zero base adjustment is easy, as follows: Select the channel to monitor with the channel selector, and using a small trimming screw driver, turn the trimming volume to adjust the arrow to the center of the monitor meter. The data recorder has 3 steps of input level. If the signal input is very small use the level range 1 V. If the signal input exceeds 2 V, use the range of level 5 V out a 2 V range level can be used for the other steps.

There are two tape speeds, 9.52 cm/sec, and 4.76 cm/sec. If the tape speed is high, the recording time becomes short as the power band width increases.

When this setting is performed properly, first, record the calibration data from the strain amplifier. Three levels of calibration data are necessary as follows: plus minus and zero. During the recording of the data, the microphone should be used for the oral record. After the calibration data are recorded, data of each run can be recorded. At this time some announcement should be recorded. If the field test is over, the data recorder is removed from the testing device and taken back to the laboratory.

6.2. Operation of oscilloscope and SDAS program

The system consists of an oscilloscope and a personal computer. The data in the data recorder are reproduced and transferred into the oscilloscope. BNC connector with a wide frequency and small loss is used for the connection. Two channels can be used at the same time. In the front panel, there are many switches and dials, but the system never breaks. If there is a deadlock, the power should be put off, and a new trial should be made. At first, if the power is put on, some automatic diagnosis program will start to tune it after several minutes. If the operation becomes stable, the left side of the seesaw switch designated as "AUTO" should be pushed in order to increase the sampling interval. For data on traction draft, the sampling interval should exceed 0.1 second. The "FWD" button of the data recorder is then pushed to reproduce the data and some signals will appear on the screen. If not, the range of voltage of each channel should be checked. The dial labeled "VOLTS/DIV" should be turned clockwise to see the signal. If the signal appears, the switch "STORAGE" located below the screen should be pushed, as it is the toggle switch which must return to the non-storage mode. With this sampling speed and storage mode, the data are flowing into the screen. If the first data fill the screen, the hold switch should be pushed to freeze the data. At the same time, the data recorder should be switched off.

At this point or before touching the oscilloscope, the oscilloscope and personal computer should be connected with an EIA standard RS232C cable. After the connection, the program named "acqdsp.bas" in the file should be run. There comes a message of prompting calibration value. A value in a micro unit should be given. Next prompting plus data of calibration and the signal "Are your ready" appear. At that time, in the screen of the oscilloscope, the plus data of calibration must appear. Next the minus data of calibration appear. In each of these cases, the data should be input into the screen of the oscilloscope from the data recorder following the prompts.

After all the data are processed into the personal computer, the character "n" or "N" should be indicated after the prompt. As a result the calculated data will be printed out. Since all the data are stored in the files they can be open and read for processing to obtain more parameters.

7. Future developments

The system will be extended to acquire all the parameters of tractor testing such as fuel consumption and ground speed, by the combination of the tractor-mounted microcomputer, controlled data acquisition system and stationary data processing system. This data acquisition and processing system will be usefull for the computer simulating farm production systems. It is anticipated that it will be possible to develop a consultation system for the farmers.

IMPLEMENTATION OF A SYSTEM FOR DETERMINING TRACTOR FUEL CONSUMPTION AND VELOCITY

Ken Taniwaki¹
Sergio Mauro Folle²
Cláudio Alberto Bento Franz²

SUMMARY - An instrument to measure tractor fuel consumption and velocity was attached to a laboratory automation environment that was developed in April of 1990. The fuel consumption meter is a rotational flow meter. The number of rotations are counted and accumulated in the flow volume meter. The speed meter is based on an application of the Doppler effect using radio waves in the 26Ghz range. Instruments are connected to the data logging system and results are processed by a personal computer as part of the laboratory automation system.

Purpose

The performance of tractors in the field vary depending on soil characteristics. Soil characteristics in the Cerrado area change in response to rainfall. Rainfall affects farm work in two ways. First, it determines when the works can be done and secondly, it affects the performance of tractors and farm implements. The first aspect is very important in the optimization process in the management of agriculture. In this paper, tractor performance is our main concern. This performance is important in the selection of farm machinery and crops. The performance data are supplied by the farm machinery manufactures. However, these data are usually obtained on uniform terrain (under optimum conditions).

¹ Agricultural Mechanization Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agrícola, M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina,DF.

Performance consists of many components such as velocity, traction resistance, fuel consumption, and Power Take Off (PTO) torque loads. These components are sometimes related to each other. Therefore, an automated sampling system to take these data simultaneously was necessary for this study. In order to acquire large amounts of data in the field under different conditions, it was necessary to use this kind of data acquisition and processing system because the volume of transient data increases enormously in proportion to the duration time of each performance test. The system to minimize the time required and to obtain as much data for each soil condition as possible, described was developed.

Configuration

The system configuration is as follows (Figura 1). Fuel consumption rate is measured by inserting the metering gear in the engine fuel supply pipe. Diesel engines differ from gasoline engines in that there is a return fuel pipe from the injection pump of the diesel engine. This is used to control the pressure of the injection pump. The net fuel consumed in the diesel engine is the difference between the fuel in the supply side pipe and the return side pipe. The return side fuel contains a certain amount of air which must be removed before the net fuel consumption is measured. This is a special problem in measuring the fuel consumption of diesel engines. The data signal in the transducer of the fuel consumption meter is generated by a small magnet which is imprinted into the gear eccentrically, thus producing a signal in the form of pulses, each pulse corresponding to 10 c.c. of fuel flow.

The speed detecting device is a Doppler radar unit. It is used to detect the velocity of vehicles. The Doppler frequency from the transducer is proportional to the velocity of the transducer, also produced in the form of pulse data.

The detecting theory is quite simple and easy to be processed. The data are first stored on a 4-track data logger using a Phillips standard cassette magnetic tape. After the test is finished, the data are transferred to the oscilloscope with storage function (Figura 2). The data are now time variant, so, using the cursor, the frequency of each wave is measured. Pulse frequencies are converted to fuel consumption and velocity values.

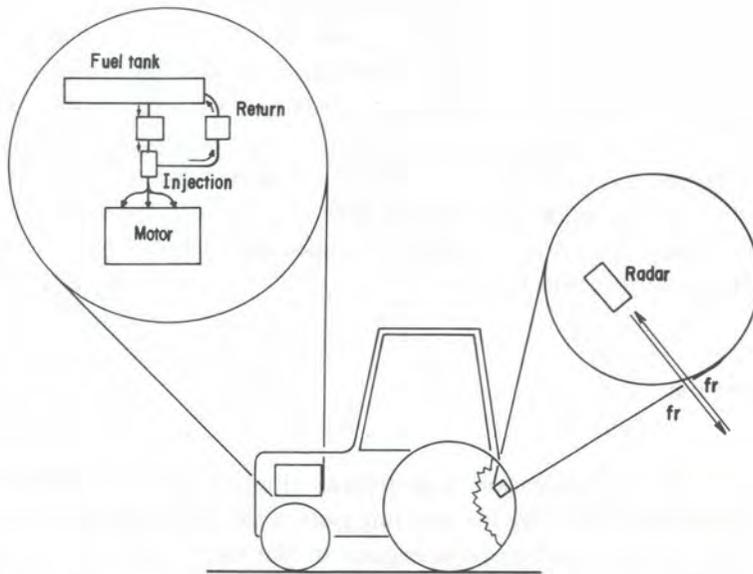


FIG. 1 - The instruments used for fuel consumption and ground speed determination.

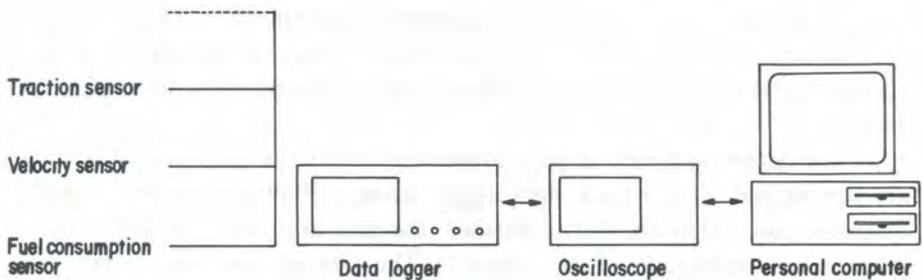


FIG. 2 - Configuration of instruments for tractor performance testing.

Conclusion

Agricultural management is the process of optimization to obtain the highest profit with lowest risk considering the entire production process. The same principle is valid for all types of investment. To obtain the highest profit from agricultural production, each cost should be estimated and considered at every stage of production. Machinery management sometimes affects the total cost by more than 30 percent.

The instruments developed are quite simple, and the system is easy to use. A large volume of data can be produced with this process and should lead to usefull information regarding optimization of farm machinery use. The data should enable the use of farm machinery more efficiently and thus optimize agricultural production systems. Another stage of research will cover the human decision support system. It is hoped that in the future, new technology in computer science such as artificial intelligence or artificial life will be available for this advanced phase of agricultural management systems in the Brazilian Cerrados.

DEVELOPMENT OF AUTOMATED TRACTOR IN JAPAN¹

Ken Taniwaki²

ABSTRACT - The computer controlled operator-less automated tractor is developed. The tractor is controlled three layered control system constructed by the one 32 bit computer, one 16 bit computer and four 8 bit microcontrollers. The first layer of the controller performs the control of the primitives of the tractor, the second layer harmonizes these primitives, and the last layer makes the decision of the activity of the tractor. The most remarkable function of the system is its location detecting system. That is performance by the spectrum spread radio wave which is used in the communication between Voyager (artificial space ship to outer space from solar system) and earth. The performance of the automated tractor is competitive to the tractor of manual operation equipped with pto driven cultivator. The optimization of the parameters of the pathway of tractor, the selection of gear, pressure and an opening of fuel pump are next target of the research work.

Purpose

There is an inevitable trend of population movement into big city from rural area. So there happens the shortage of the man power in agricultural production in Japan and U.S.A. as well. Particularly in Japan, it is said that we will not able to see any young people in rural villages in 21st century. The shortage of the worker is a big problem of Japanese agricultural production in next century. This is one of the big motive of the development of automation system in the agricultural production.

¹ Technical Seminar presented at CPAC in 17/04/90.

² Agricultural Mechanization Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

The another reason is the positive aspect of this social phenomena. That is the motive of cost reduction. If the population of farmers goes down, the average acreage of farmstead goes up. But the average area of the farm is so small and scattered that Japanese farmer can not afford to use the big farm machineries. So they have to use several small tractors. But each tractor needs operator. In the result, it is necessary to use automated farm tractors.

One more reason of the development of the tractor is good for not only Japan but also for whole world. That is relating the soil compaction problem which is overwhelming in U.S.A., Germany, Brazil as well. Usually the compaction of the top soil is relating the pressure of the footprint of the tractor. The area of footprint of the tractor is proportional to the largeness of the tractor. So there is no difference of soil compaction of the top soil between using big tractor and small one. But the compaction of the sub-soil layer is proportional to the weight of the farm machinery. So using small tractor is the advantage to avoid exceed soil compaction. Using small tractor means using many operator. So here again it is necessary to develop the automated farm tractor.

Configuration

The first layer of the control system consists of 5 actuators, a throttle valve controller, left and right brake cylinders, a clutch motor, a three-point hitch link cylinder, a Power Take Off (PTO) clutch solenoid. There are 5 sensors for each of these actuators. These primitives of controller of the tractor are controlled by 4 microcontroller name uPD7810 by NEC. The microcontroller is one of the microprocessor family which is the descendant of Intel's 8051 microcontroller. This central processing unit is equipped with 16 bit accumulator registers, serial communication port, three 8 bit parallel input/output ports, 8 bit AD converter with 8 channel multiplexer, and counter timer. They are packaged in a small surface mounted device. Each microcontroller is designed to control the 2 actuators, and one of the microcontroller is used for the binding of three other microcontrollers. The communication of the microcontrollers are performed through the RS232C ports, and the system is also connected to the microprocessor of Intel's 16 bit 80286.

This microprocessor is used for the communication between the host supervising computer and tractor mounted control system. It creates the

command sequence code for the microcontrollers to avoid the contradiction of the control system. For example, when throttle is opened to accelerate the tractor, clutch is turned on and brake is turned off. Or if the tractor in the turning motion, the PTO clutch is turned off. This microprocessor, as well, interpret a macro command which is sent from supervising computer into separated simple command to the first layer microcontrollers.

The host computer is supervising the total system. It measures the location of the tractor, and according to the initially predetermined information of the pathway and the location of the tractor, it creates some macro commands and send them to the onboard microprocessor. To the host computer 4 pole short range radar system is connected.

If the number of farm machinery increases, the system will be reconfigured to fit for the operation mode of multiple machinery.

Location detection

The location detection of the farm machinery is the most important in the development of automated tractor. This is performed by the short range active radar.

The radar system is using the spread spectrum signal for the shifted phase detection that is the result of the difference of the distance from the tractor and the 4 pole radar transducers. The calculation of the range and direction is performed by the simple triangular measuring method. The equation of the location of the target is as follows:

$$\sqrt{(x - k)^2 + y^2} - \sqrt{(x - \ell)^2 + y^2} = D_{k\ell}$$

where k , ℓ is the number of each radar transducer.

The spread spectrum signal has great advantages of high signal to noise ratio, secret data communication, and range detection capability. There are several method of modulation in the spread spectrum modulation such as frequency hopping and direct spreading. In the country that the usage of spread spectrum communication is permitted like U.S.A., and kind of method will be possible to be used. But the country not allowed to use this method such as Japan, only direct method will be able to be adopted.

Control commands

The control commands transmitted from the supervising computer is as follows.

number of the tractor	1 byte
number of components of commands	1 byte
number of data	1 byte
command components	n byte
data	n byte
sum check code	1 byte

The communication between the supervising computer and each tractor is supported by error correction method. The number of the tractor is used to specify the commands and the data is for the specific tractor. Almost all commands are simple macro command, but more primitive commands are also available for direct control of the tractors. The data mainly consist of the location data of the tractor. Using these commands and data, each tractor or some other farm machinery will cooperate to perform the farm works with high precision and efficiency.

Conclusion

The system is being tuned for the adequate response to the communication and commands. It will be developed that the heuristic optimization of the pathway of the tractors using some fruitful algorithms in the study of the artificial life. The system is ready to be easily extended to these newest technology, so it will be sophisticated in the production in the farm as well as in the production of industry.

The work with heavy load have been already transported into machine work by the development of the farm machinery such as tractor and combine harvester. But the work of tiredness and boring is still covered over the field works. Young people don't want to work in the village. This phenomena cannot be easily admitted, but the phenomena of decreasing population in the rural area is spreading worldwide. If we can lead the life, that is, work with robotic tractor just considering the condition of plant growth and its market with the help of computer based decision supporting system, and is to go to the city for fresh information at any time, isn't it a better quality of life? The agriculture in 21 century must be a little bit different from that of this century.

LABORATORY AUTOMATION¹

Ken Taniwaki²

1. Background

Cost, quality and market focus are factors that must be managed to optimize production. Research work is a type of production, ie: the production of information, know-how, and new technology. Thus to achieve a high output of good quality products, it is necessary to organize research production systems. Laboratory Automation Systems are essential for the development of efficient research activities.

Laboratory Automation has been developed in parallel with the development and improvement of microcomputers. The impact of microcomputers is due to their powerful performance and low cost. The Microcomputer is nothing but a small machine (kids' stuff) but I hope to show how it serves us in the laboratory with an example of part of a Laboratory Automation System that I developed for agricultural machinery testing in CPAC.

2. The importance of performance testing of agricultural machinery in the field

In agricultural production it is as important to minimize the cost of production as in other industries. In order to minimize the cost of production we have to consider the total production system. Machinery, labor, fertilizer, and other chemicals are essential components of production. Climate, soil, and water resources are conditions that cannot be controlled. So we concentrate on the cost of controllable factors. The factor which most affects costs is farm machinery. The cost performance of different size machines in relation to the acreage of a farmstead is shown in Figure 1. For small machines, the initial cost is low, but the most effective cost performance is achieved at the point P1 (in Figure 1); as the acreage increases beyond this point, cost performance will go down and finally, more machines and operators will be required.

¹ Technical Seminar presented at CPAC in 12/03/1991.

² Agricultural Mechanization Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

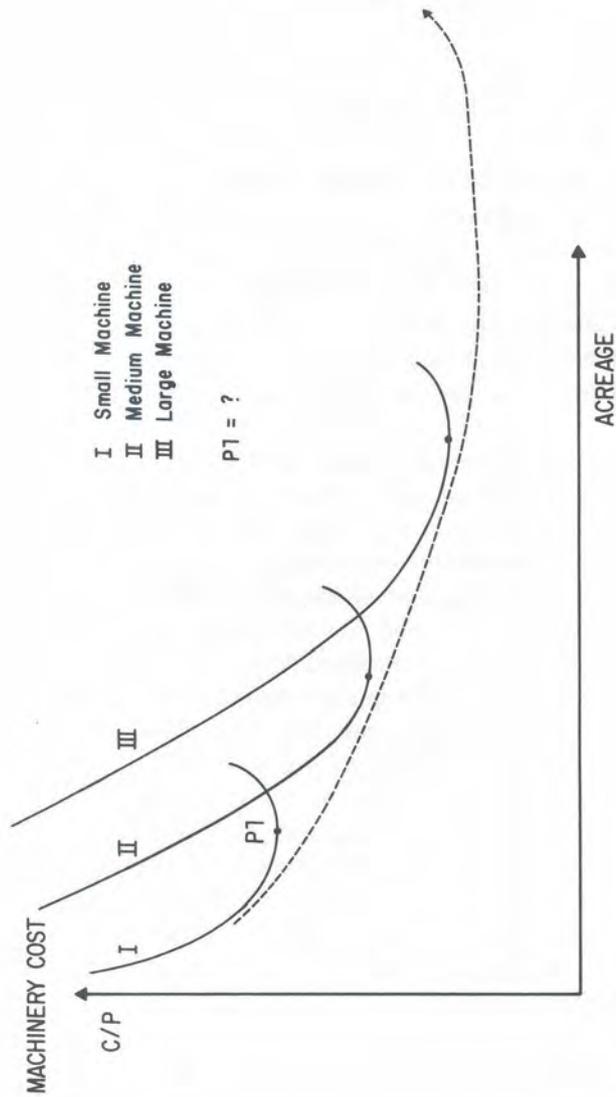


FIG. 1 - The relationship between machinery costs and size of farm for different size machines.

For a given size farmstead one must choose the number and size of machines to be used for maximum efficiency. As an example:

$$S = 2.88 \cdot e \cdot v \cdot w$$

and Number of machines necessary is

$$N = A / (P \cdot S)$$

where S: Operational area per day (ha/day)

e: Efficiency of operation

v: Velocity of farm machinery (m/sec)

w: Width of operation of farm machinery (m)

A: Total area of cultivation (ha)

P: Suitable operation days (days)

N: Number of machines necessary (unit)

This is the calculation for a single farm. It can be easily calculated with pencil and paper or on a calculator. However, as conditions such as combination of operations, crops, and human resources vary, the calculation becomes complicated. There are several methods for solving this type of problem. First of all if the functions of the relationship are linear, a linear programming method can be applied. But we cannot set a single coefficient for the relationship between these parameters, so we make use of computer simulation. I cannot expand a computer simulator for agricultural production because of time limitation (This must be left for the next time). But in order to get precise results from simulation, we need precise data on farm machinery performance under field conditions.

In Japan, every newly development machine is tested under several typical field conditions and the results are supplied, along with industry primary test data. Thus the farmer can select the data suitable for his own farm and use the data in a computer simulation.

Minimizing the cost of production is a main goal of Japanese farmers in order to become competitive.

3. Laboratory automation and agricultural machinery testing

There are two phases of agricultural machinery testing. One is laboratory performance testing. This is the test to ensure that a machine is produced as it was designed. We have to test engine power output, gears,

wheels etc. This is the responsibility of farm machinery manufacture's. The process is fully automated and is called factory automated performance testing. Our responsibility is performance testing in the field.

In the field, tractors should work at, or near, maximum capacity. However, they usually do not perform at full power in the field. The reason is that performance is a nonlinear function of several elements including soil moisture, previous machinery traffic and width and depth of tillage. Performance parameters include: velocity, fuel consumption, load or draw bar draft. To collect these data, several instruments are used. These instruments are combinations of transducers and amplifiers.

All physical parameters are converted into electronic signals by the transducer and amplifier. These data are recorded in the pen recorder, in the case of low frequency signals, or with a galvanometer for high frequency signals. In Laboratory Automation one may use analog to digital converters and personal computers.

This is the starting point for Laboratory Automation (LA). All analog electronic data are changed into computer recognizable digital data. Data recorded are raw and can not be used directly for technical papers. It is necessary to process the data into understandable fashion. In this process, LA has its main role.

4. Laboratory Automation

4.1 Communication

Laboratory Automation is a system that helps us in every phase of research work. Let us think through the flow of research work. At first, we have to read the literature to learn what has been done before, and decide what should be studied. This is the process of literature survey. In LA we can collect any kind of data from the thousands of databases maintained worldwide. We must equip personal computer with psk (phase shift keyed) or fsk (frequency shift keyed) modulator-demodulator (commonly called a modem) and communication software. After surveying the literature, one can request reprints of key papers if necessary, for the authors and their addresses are included in the databases.

4.2 Database

You don't need to develop your own database in order to use a modem. But to concentrate the data in one project, we often do have to develop our

own database. In doing so we again need the help of a personal computer. Many other well developed relational and/or card type database management software packages are available in the world market.

4.3 CAD and CAE

In developing farm machinery or other equipment, we first have to design the system. This task is usually done with paper, pencil, ruler, calculator, and drafter. But it can better be done with a personal computer which together with a pointing device (mouse), digitizer and appropriate soft are the modern design tools called "CAD" (Computer Aided Designing). There are thousands of CAD software packages available in the market. Also there are several different types of CADs depending on the purposes. I brought two type of CAD systems to CPAC. One is a general purpose drafting system called "Hanako". Another is CAD for electronic circuit designing.

Once the machine is developed from the design that was produced with the CAD system, we have to test it. After testing the real machine, if it fails to meet specifications (this is a human decision) we will have to develop another prototype. This process of trial and error may result in thousands of useless (junk) prototypes. To avoid this problem, sophisticated CAD systems include simulation programs that can test the design in the computer before building the real machine. These are called CAE (Computer Aided Engineering Systems). As an example, consider the building of a dam in a river. After the structure is developed, we can calculate its strength and durability with the help of numeric integration methods (FEM Finite Element Method) or (BEM Boundary Element Method). If the concentration of stress is found to be too large, we will have to change the structure of the dam and calculate it again. By repeating this procedure, we can develop an appropriate structure.

Using CAE systems we can estimate the strength, durability, and vibration of a machine. This is a great advantage. CAD and CAE systems are also used in the design of electronic circuits. The system is powerful enough to develop a complex electronic circuit in a day. There are also

several simulators available in the market for circuit designs. SPICE2 was developed in California as a general purpose analog simulator for any kind of semiconductor. SILOS is used for digital LSI. They both are equipped with libraries of a vast range of electronic parts. Standard circuitry is included in these libraries.

Using CAD and CAE systems, we can develop machinery and accumulate and store our knowledge in libraries. This is another powerful tool to aid in machinery development. One can simply extract devices from personal library to improve machinery or circuitry. These examples show how Laboratory Automation is a powerful tool in the design process.

4.4. Simulator

A computer can simulate the real world. Computer simulators became well known to the public when the first world model was developed by the Rome Club of OECD in 1970. Twenty years have passed, and many computer simulators have been developed. There are also many agricultural simulators. Nowadays these simulators can run on a small lap-top or palm-top personal computer, so even an individual farmer can afford them. But these simulators are specific to a specific area, since agricultural conditions vary from one place to another. It has been concluded that the simulator for the CERRADOS should be developed in CPAC. There are many methods of creating a simulator. It is quite complicated to draw a conclusion because the relationship between agricultural conditions and the conclusion is not linear. So it is important to introduce a method of handling nonlinear functions for agricultural systems engineering. Owing to recent advances in heuristic information processing, we can make some use of Expert Systems. Neural Networks are potentially powerful tools for analyzing agricultural management options. These new tools are also available for the small computers.

4.5 Data processing

Data processors are quite popular. Large volumes of data are produced in our research. These data must be analysed and interpreted before they are published. Data processing is done with personal computers and appropriate

software. You are probably acquainted with Lotus 1-2-3, Microsoft Excel, or Mac's Hyper Cards.

The signals of phenomena detected by sensors or transducers include noise. We have to eliminate this noise from the signal through the use of data processing and signal processing. All data should be carefully inspected for important information. The purpose of signal processing is to extract this information from the sea of noise which accompanies the data.

Signal processing is very complex. We could develop our own signal processing program but many are already available in the market. Lab-View or Lab-Windows are examples of popular signal processing software.

4.6 Interface and Networking

To achieve LA in the laboratory we need to match the interface of the instrument to the personal computer. The simplest interface for this is EIA standard RS-232C, a serial communication interface. Ninety percent of personal computers are now equipped with this port. We need to use measuring instruments with this serial port. Some instruments have GPIB (General Purpose Interface Bus) interface ports. This is the sophisticated parallel data and command communication interface developed first as HPIB (Hewlett-Packard Interface Bus), and approved as the IEEE-488 standard. This can perform at higher speeds and even has a control function for LA instruments. Some other interfaces like CAMAC (for laboratory), or MAP (for industry) are standardized, but they are not so popular. They are used for the connection of PC's and instruments. Through these connections, data are transferred directly into the file of the computer. After it is in the file, we can do any kind of processing and use it for drawing figures with a plotter, charts with a dot printer, and so on.

Sometimes we need to communicate with other laboratories. Communication is greatly facilitated by Ethernet, one of the most popular local area networks (LAN). Ethernet was first developed by Intel and Xerox in the early 80's, and became a world standard approved by IEEE. Ethernet is a computer network linking many different types of computers. You may

choose any kind of computer which interfaces with Ethernet. Networking is still new even in advanced countries. The Tsukuba Science City research complex in Japan has just been equipped with this network.

Using Ethernet we can make use of files that are located in other computers as files in our own machine (NFS,FTP). We can use programs of other computers as well. An important aspect of the network is the thousands of "free ware" packages available. Anyone in the world can make use of these "jewels" of software. The network makes it possible to become current on the latest information on data processing, computer science in general, and the latest in advanced technology.

In the United States, most computers in university and research stations are linked through networks such as ARPANET, BITNET or CSNET. These networks are based on Ethernet. Japanese computers are also linked with these networks through the JUNET. Ideas and knowledge are transferred worldwide via these networks.

Another function of the network is written communication. You can write a letter to a friend in any coast or mountain in the world. Many announcements of scientific meetings are now mailed through networks. You may even write personal letters to your family.

5. Postscript

I should go into greater detail on UNIX, MS-DOS, micro-processors, knowledge engineering, neural networks, development systems, desktop publishing, hyper media, digital image processing, artificial satellites, and so on. This is what I do in Japan. But because of the limitation of time, I will show how the Robotic Laboratory of NARC works (Figura 2) and the fruits of the combination of these technologies applied to the agricultural field.

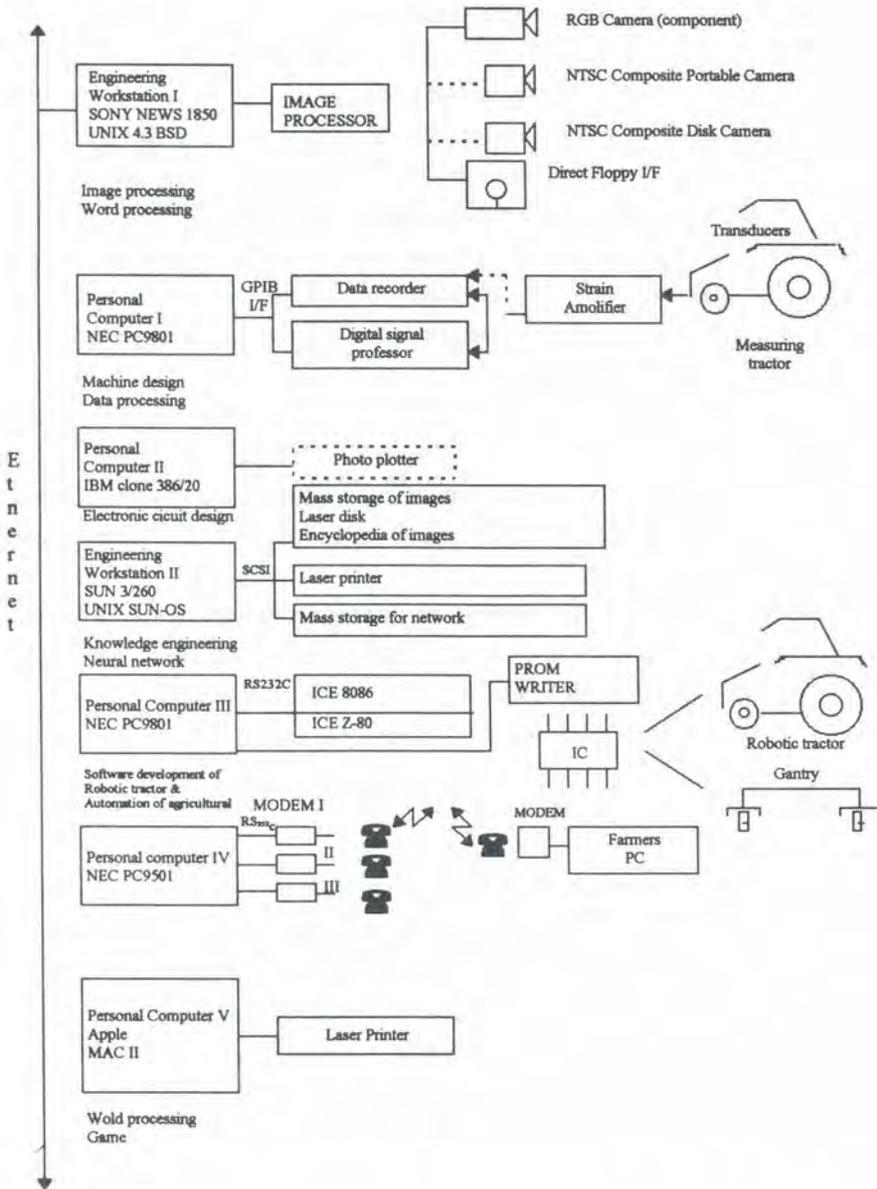


FIG. 2 - Laboratory Automation: An example of robotic lab. of NARC..

**RECURSOS
NATURAIS E
SÓCIOECONOMIA**

INVESTIGATION AND METEOROLOGICAL ANALYSIS OF GEOGRAPHICAL VARIATION IN THE BRAZILIAN CERRADO AREA

Ryo Masutomo¹; Eduardo Delgado Assad²; Luiz Hernan Rodrigues Castro³;
Alfredo Jose Barreto Luiz⁴; Fernando Antonio Macena da Silva⁴

1. purpose of investigation

The purpose of this investigation was to collect rainfall data in the Brazilian Cerrado area in order to analyze the rainfall mechanisms related to the synoptic meteorological conditions.

2. Summary of investigation

Brazil extends from 5°N to 33°47'S in the South American continent. The area of Brazil exceeds 8,500,000 km². The climate in Brazil can be divided into three main zones, namely the tropical rain forest in the basin of the Amazon river, subtropical climate in the southwestern plateau. "Cerrado" is a Portuguese word which means an enclosed area and in Brazil, the term "Cerrado" is used for an acid savanna area with sparse vegetation consisting of bush and shrubs. The Cerrado area, indicated in Figure 1, is located on a plateau which extends from 3°S to 23°S and 42°W to 60°W. The altitude of this area ranges from 200 to 1200 m. Formosa, elevation about 900 m which is one of the major cities located in this area has a cool climate. According to the meteorological statistics for the period from 1931 to 1960, as shown in Figure 2 and Table 1, the annual mean temperature at Formosa is 21,3°C which is 5 to 6°C lower than that at Belém, located in the mouth of the River Amazon and at Boa Vista in the northern outback. The mean annual rainfall at Formosa is 1559 mm. which is lower than that in the tropical rain forest area

¹ Meteorology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agrícola, Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

³ Estatístico, Ph.D., EMBRAPA/CPAC.

⁴ Eng. - Agr., EMBRAPA/CPAC.

area. It is obvious that the climate in the Cerrados is completely different from that in the tropical rain forest area. In addition the precipitation in summer (October to March) is about 90% of the total precipitation while that in the dry period is only 4%, according Figure 3.

TABLE 1 - Annual change of precipitation and air temperature in Brazil. (30 years mean: 1031-1960)

Mon.	Formosa (1°32'S, 47°20', 912m)			Belém (1°27'S, 48°28'w, 16m)			Boa Vista (2°49'N, 60°39'w, 90m)		
	Precipitation		Air temp.	Precipitation		Air temp.	Precipitation		Air temp.
	(mm)	(%)	(°C)	(mm)	(%)	(°C)	(mm)	(%)	(°C)
Jan	252	16.16	22.00	318	20.40	25.60	75	4.81	27.80
Feb	204	13.09	22.10	407	26.11	25.50	75	4.81	27.90
Mar	227	14.56	22.00	436	27.97	25.40	80	5.13	28.20
Apr	93	5.97	21.50	382	24.50	25.70	151	9.69	27.90
May	17	1.09	20.10	265	17.00	26.00	304	19.50	26.70
Jun	3	0.19	19.00	165	10.58	26.00	365	23.41	25.90
Jul	5	0.32	18.90	161	10.33	25.90	346	22.19	25.70
Aug	3	0.19	20.70	116	7.44	26.00	226	14.50	26.20
Sep	30	1.92	22.80	116	7.44	26.00	110	7.06	27.80
Oct	127	8.15	22.90	105	6.74	26.20	74	4.75	28.40
Nov	255	16.36	21.90	94	6.03	26.50	66	4.23	28.50
Dec	343	22.00	21.60	197	12.64	26.30	69	4.43	28.00
Total	1559	100.00	21.29	2762	100.00	25.93	1941	100.00	27.42

The climate in the Cerrado area as represented by that at Formosa, is characterized by a rainy season in summer which markedly affects the main agricultural products. In particular, Veranico (a short dry spell in summer), adversely affects the growth of the products resulting in a considerable decrease of the production.

This investigation is being carried out, under the joint operation of EMBRAPA-CPAC of Brazil and Agricultural Research Cooperation Team of JICA, to collect and analyze the rainfall data as well as other meteorological parameters, the effect on agricultural products, the damage caused by drought in the Cerrado area. In particular the objective is to provide basic information to the Brazilian authorities on meteorological data to improve the agricultural technology in the Cerrado area.



FIG. 1 - Location of Cerrado area in Brazil.

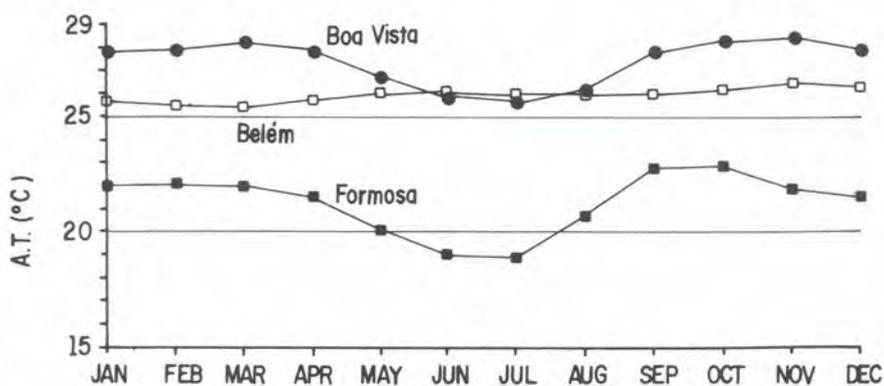


FIG. 2 - Annual fluctuations of air temperature (Mon. Mean: 1931-1960).

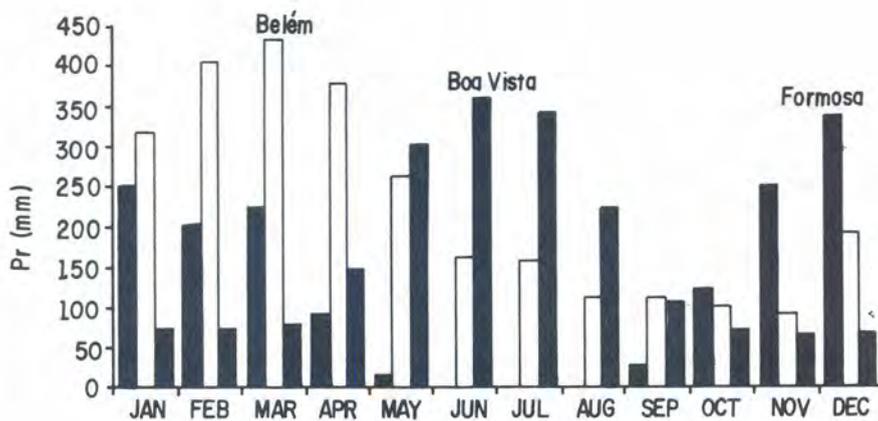


FIG. 3 - Annual fluctuations of air precipitation (Mon. Mean: 1931-1960).

3. Main themes

3.1 Collection of reference materials

Prior to the investigation to be carried out in Brazil, reference materials relating to meteorological and climatological conditions in the tropical zone, in particular in Brazil, were collected for the preparation of basic information data. The global meteorological data, in particular those from Brazil, were collected on a real time basis through the Global Telecommunication System in order to analyse monthly fluctuations of rainfall and monthly mean temperatures at meteorological observation stations.

3.2 Collection of meteorological data

The meteorological data of observation stations in Brazil were collected as a follows:

Precipitation data at 103 stations in the Cerrado area, and those at stations near the area concerned, if necessary;

Meteorological data e.g. Air temperature, Evaporation, Solar Radiation, etc.;

Weather charts for surface, 850, 700, 500 hPa, in particular charts for the days of occurrence of Veranico, and those for the rainy and dry seasons including droughts;

Historical record of droughts;

Statistics of annual agricultural production in this area.

Prior to the collection of the data, however, consultations were held with the staff members concerned in order to work out the plan for this investigation.

3.3 Statistical analysis of meteorological data

Meteorological data collected were analyzed statistically. The figures and tables were prepared to study meteorological the conditions relating to Veranico. These figures and tables are as follows:

(a) Statistics of precipitation amount for every year, every month and every ten-day at every observation station; (Refer to Table 2).

TABLE 2. Daily precipitation in Brasilia (1986).

Dias	Meses											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01	0	0	0	0	0	0	0	13	1	0	12	16
02	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	3
03	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	1
04	5	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05	0	7	21	0	2	0	0	0	0	0	0	8
06	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07	8	9	1	0	0	0	*	0	0	0	2	7
08	2	2	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
10	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	30	0	*	0	0	0	28	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7	0
13	32	1	8	0	0	0	0	0	0	1	19	1
14	1	23	8	4	0	0	0	0	0	0	0	5
15	7	32	0	0	2	0	0	0	1	22	0	0
16	31	0	0	4	0	*	0	0	0	0	0	1
17	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	12	11
18	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0
21	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
22	0	0	0	27	0	0	0	20	0	1	0	0
23	0	0	0	3	0	0	16	1	0	0	0	12
24	0	0	0	0	0	0	15	4	0	0	1	4
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
26	0	4	0	1	0	0	0	0	0	3	0	33
27	2	2	0	0	0	0	0	8	0	0	0	5
28	11	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	8
29	41	*	0	0	0	0	0	0	9	0	21	0
30	1	*	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16
31	0	*	0	*	0	*	0	0	*	0	*	6
Mon. Total	157	122	92	69	4	0	31	48	16	78	75	144

***: Not available

(b) Frequency of occurrence of consecutive days without rain for every year, every month and every ten-day period at every observation station during the summer season (from November to March); (Refer to Table 3 & Figure 4).

TABLE 3. Frequency of continuous days without precipitation. (Accumulated average)

DAY	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR
1	21.50	20.10	14.50	17.20	14.50	20.30
2	8.70	10.30	4.10	7.10	6.40	8.50
3	4.70	5.50	2.30	2.80	3.20	6.20
4	3.20	3.70	1.80	1.90	2.10	3.30
5	2.10	2.10	1.40	0.90	0.70	2.10
6	1.60	0.90	0.60	0.30	0.20	2.10
7	1.30	0.50	0.20			1.90
8	1.00	0.20			1.70	
9	0.80				1.50	
10	0.70				1.30	
11	0.50				1.10	
12	0.20				0.90	
13	0.10				0.40	
14	0.05				0.20	
15					0.10	

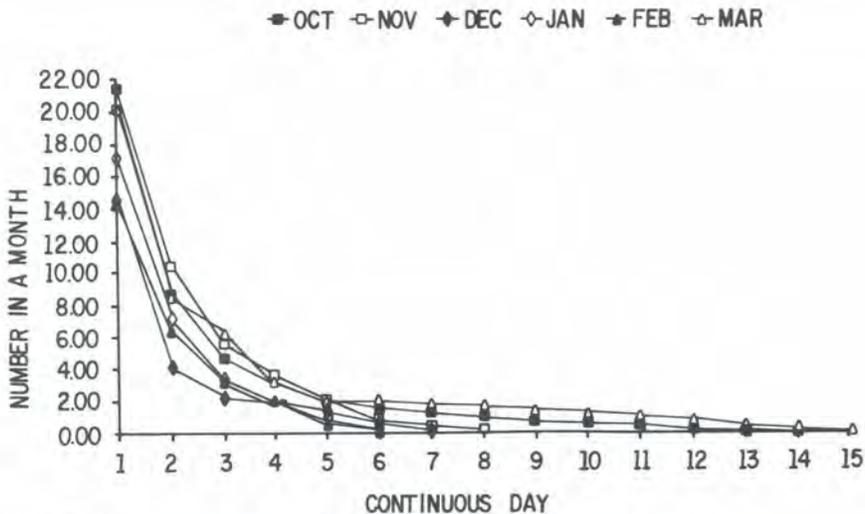


FIG. 4 - Occurrence of continuous days without precipitation.

(c) Geographical distribution of mean precipitation amount in Brazil for every year, every ten-day period; (Refer to Figure. 5).

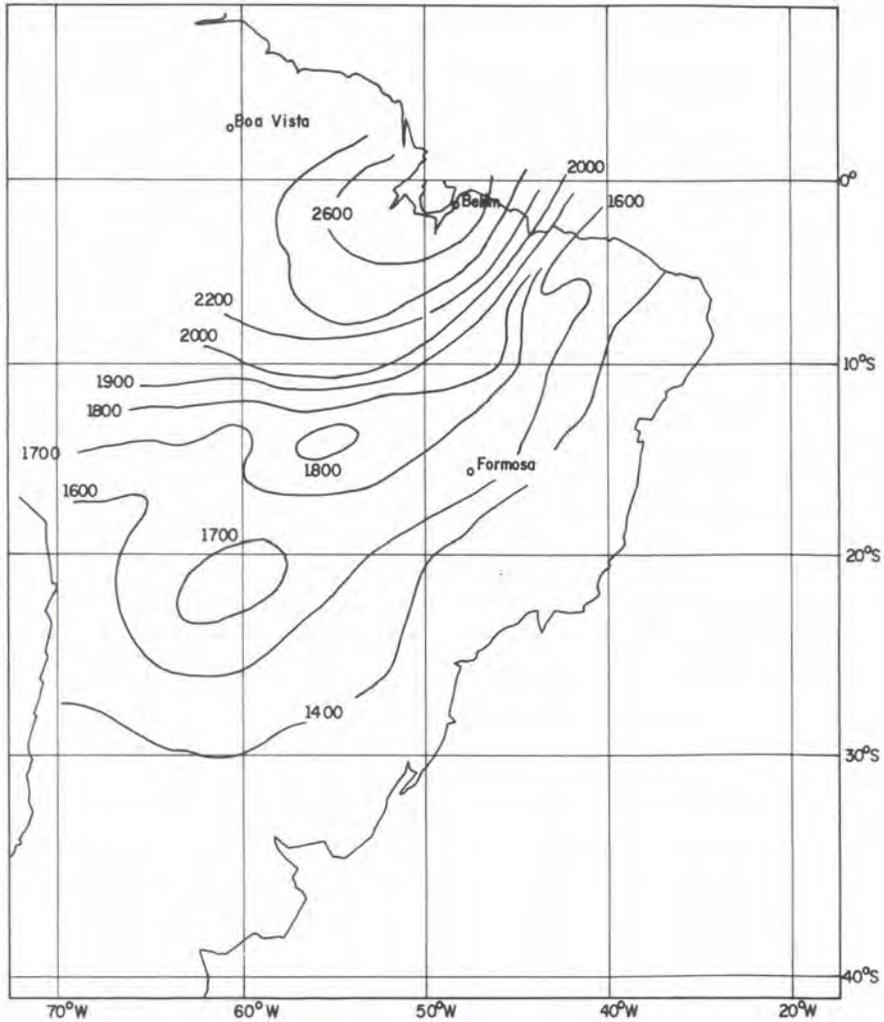


FIG. 5 - Distribution map of annual precipitation (Bogus data).

(d) Geographical distribution of average periods of consecutive days without rain in Brazil for every year, every ten-day period; (Refer to Figure 6).

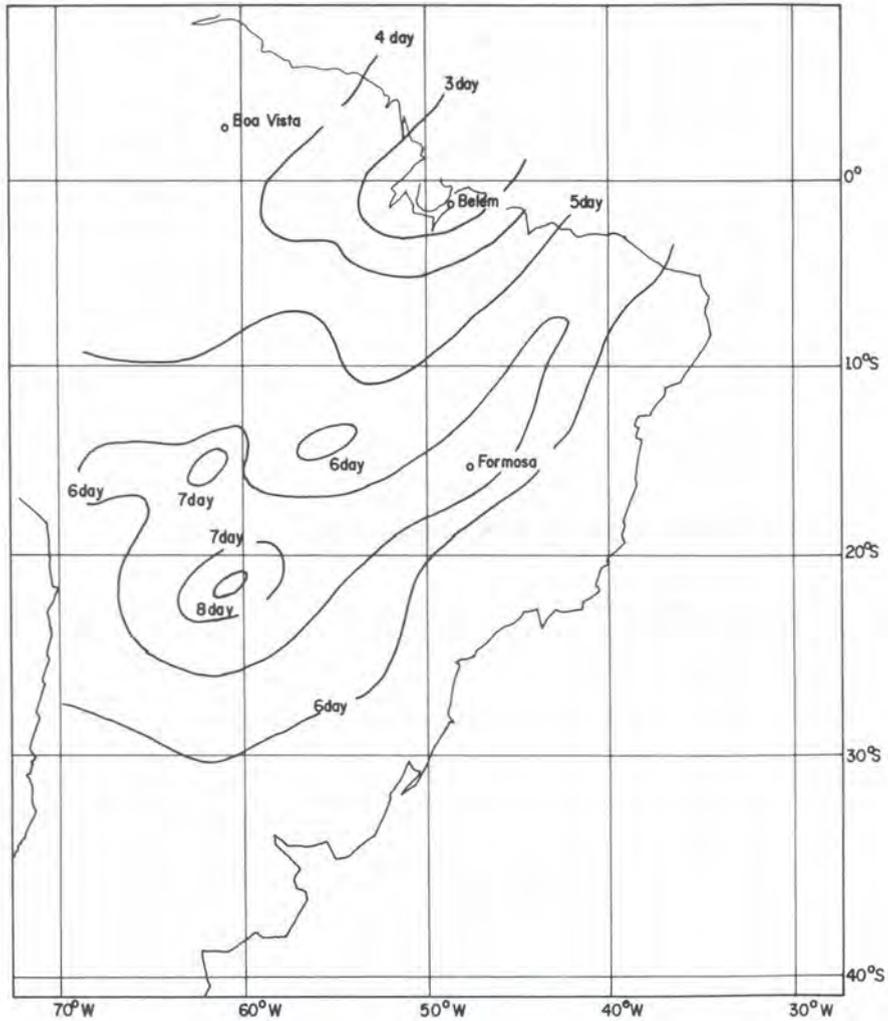


FIG. 6 - Distribution map of mean continuous days without precipitation (February) (Bogus data).

(e) Expected recurrence values for maximum daily precipitation amounts during a period of 5 years, 10 years and 30 years at every observation station; (Refer to Figure 7).

(f) Expected recurrence values of periods without rain during 5 years, 10 years, and 30 years; (Refer to Figure 8).

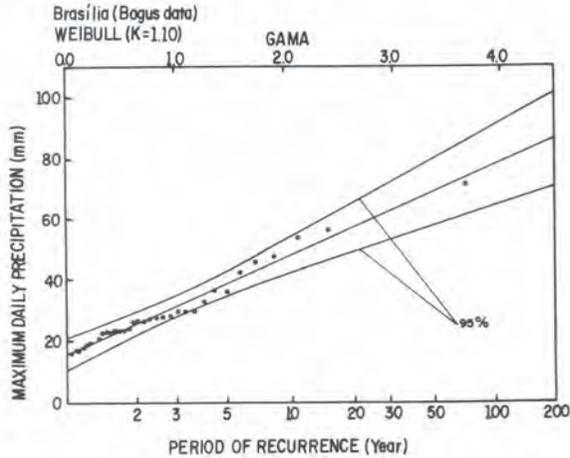


FIG. 7 - Recurrence of period with maximum daily precipitation.

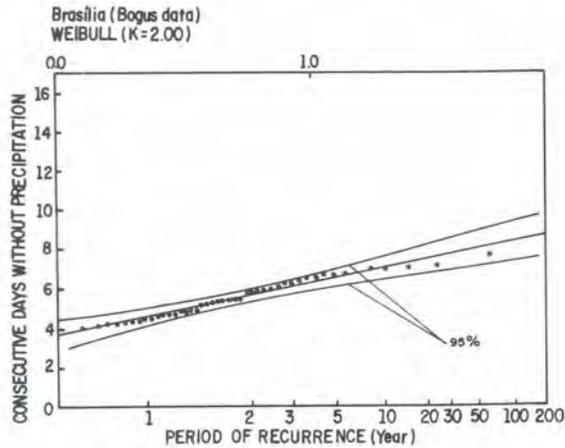


FIG. 8 - Recurrence of period with continuous days without precipitation. (January).

3.4 Analysis of meteorological data

(a) Correlation between the period without rain and synoptic weather conditions will be studied;

(b) Analysis of the development of methods for prediction of occurrence of Veranico, based on the (a) above.

4. Procedure for investigation

A procedure for investigation will be developed, taking into account the information available in Brazil. A tentative plan is shown in Figure 9.

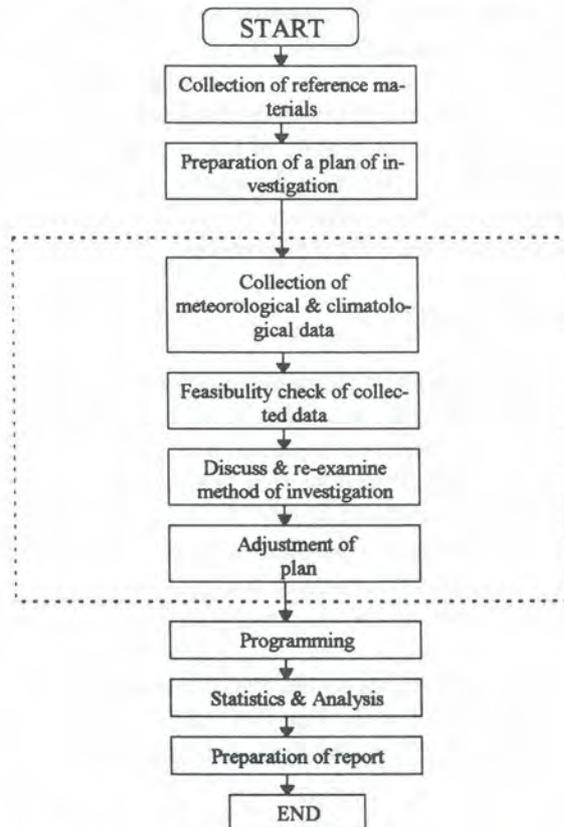


FIG. 9 - Plan of investigation.

SUSTAINABLE AGRICULTURAL GROWTH AND ITS ECONOMIC CONDITIONS: A CASE OF CROPPING BEHAVIOR

Yasuo Ohe¹
Orfeo Apolo Droguetti Affin²

Agriculture is one of the few industries which were originally sustainable. This advantage, however, has been lost in the process of agricultural growth due to various economic and social factors. Declining productivity caused by soil borne diseases is a typical example. But the point we wish to emphasize is that this is the result of economic decisions reflected in cropping patterns used by farmers even though they know how to maintain sustainability by using appropriate cropping systems. This is why an economic analysis is required for sustainability issues.

The first purpose of this paper is to present a theoretical framework based on an economic analysis of cropping behavior which has not contributed to progress in this field as yet in spite of the growing importance of problems concerning sustainability. The second purpose is to present the results of an empirical analysis for the evaluation of actual cropping behavior as an example of the potential use of this framework.

1. Sustainable with what?

When we think about sustainable problems in the agricultural sector from the economic point of view, we have to distinguish between the following two cases. The first is a sustainability problem between the agricultural sector and non-agricultural sectors. The second is the problem of sustainability within the agricultural sector.

The first case sometimes becomes a controversial issue among the different sectors involved. For instance the pros and cons about the development of the rain forest in the Amazon. Cerrados development is another typical case.

The first case often tends to become political with social problems the economist can hardly deal with. For that reason, sustainable problem with non-agricultural sectors will not be discussed in this paper.

¹ Economic Analysis Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Economista, EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

We will focus on the second subject, which can be analysed in terms of economic behavior. The agricultural sector was originally based on sustainable systems. But social and economic conditions often result in a distortion of the original system.

How to restore sustainable systems is one of the major problems agricultural researchers are now facing. Devising sustainable production systems is crucial for the future growth of the agricultural sector. In this context we focus on cropping behavior and try to define the economic conditions which will result in sustainable land use.

2. Theoretical Framework

In the past, cropping behavior and acreage response have been analyzed as a supply response to economic variables. However, a different theoretical framework which can deal with the sustainability issue is required because the introduction of new concepts is necessary. Since a sufficient framework does not exist, let us begin with our theoretical framework for sustainable cropping behavior.

Our framework is composed of the following three major points:

First, it is necessary to give a clear economic definition of sustainability, which is usually not presented in economic terms but in ecological terms. We define sustainability as a problem of devising incentives which are compatible with personal and social rationality, and harmonize personal and social aims.

The second point is that 'the cost of land use' is to be considered. It is not easily measured but is an effective conceptual apparatus for our framework. We must define the cost of land use: it is the cost that a farmer must pay for assuring sustainable land use on his own farm. The detailed explanation is to be given later.

The third point is that cropping behavior is classified under two types: rotation cropping and continuous cropping.

The differences between the two types of cropping behavior are shown in Table 1. This classification is based on whether or not the cost is included or not in the producers decision making process. When rotation cropping is used by a farmer, then the cost of land use is internalized because a

sustainable cropping systems is used and the cost is borne by the farmer. The internalized cost is not a real cost but an opportunity cost; the highest gain you could have when you use the resource for other opportunities. The following items are included in the internalized cost.

TABLE 1. Difference between continuous and rotation cropping.

Different Points	Rotation Cropping	Continuous Cropping
Cropping system	Observed	Not observed
the Cost of L.U.	Internalized	Externalized
Soil Trouble	Yes	No
I.C.	Yes	No
Sustainability	Yes	No

note: L.U. = land using, I.C. = incentive compatibility

1. The opportunity cost of green manure which is not a cash crop but planted to maintain soil fertility.
2. The opportunity cost of labor and transportation necessary to obtain manure from other farms.
3. A management cost is also counted; the extra attention required to maintain optimal land use systems.

All of these can be defined as a resource allocation cost related to the land use system as a whole.

When continuous cropping is followed, the cost is externalized and the farmer does not take into account the "land use" cost in his decision making. In the case of rotation cropping no soil troubles would occur, while continuous cropping will inevitably cause soil problems. Thus incentive compatibility is assured in the former but not in the latter. Consequently the former can maintain sustainability, but the latter cannot.

In this setting, the economic conditions necessary for sustainable cropping behavior are presented below.

For example: for the production of a vegetable θ , an economic condition for sustainable soil fertility which producer i faces with two optional behaviors is described by the following formula:

Assumption:

The future gain of rotation cropping \geq future gain of continuous cropping.

This condition is equivalent to the following mathematical form:

$$\sum_{t=1} q^s_i (p - m c^*_{si}) / (1 + r_i^*)^t \geq \sum_{t=1} p q^n_i (1 - \eta_i)^t / (1 + r_i^*)^t \quad (1)$$

$$q^s_i (p - m c^*_{si}) / r_i^* \geq p q^n_i (1 - \eta_i) / (r_i^* + \eta_i) \quad (1)$$

is obtained from (1) in reduced form.

Let,

q^s_i : Yield when producer i uses rotational cropping

q^n_i : Yield when producer i uses continuous cropping

c^s_i : cost of land use which is internalized when producer i uses crop rotation

$m c^s_i$: $d c^s_i / d q^s_i$,

c^n_i : cost of land use which is externalized when producer i uses continuous cropping

η : declining rate per year of productivity due to deteriorating soil conditions,

$0 < \eta \leq 1$

p : market price per unit

r : subjective discount rate for gain of land utilization, $0 < r \leq 1$

*: conditional value for (1)

To simplify t means period appears only in case of different period in one equation.

The first clause on the left side in (1) shows the future gain using rotational cropping. The right side shows the future gain using continuous cropping. This means that the land use cost would be internalized when rotation cropping is followed. But it would be externalized, which means that the cost is not taken into consideration in decision making process, with continuous cropping.

Consequently the latter cannot maintain sustainable productivity while the former can. The η shows declining rate per year of productivity due to adverse soil conditions such as soil borne diseases caused by the continuous cropping. Productivity will eventually fall to zero.

Thus (1) shows that future gain of crop rotation system is greater than that of continuous cropping. This means that optimal land utilization is

compatible with group rationality (area) and personal rationality (individual producer), which can be termed as a condition of incentive compatibility concerning cropping behavior. In this context the optimal land use system is defined as a behavior which fulfills the conditions of (1).

These are the theoretical conditions for sustainable land use systems and cropping behavior. In real life, however, the incentive compatibility conditions of (1) are not always satisfied because continuous cropping is often used by farmers.

This situation is described as follows,

$$q^{s_i}(p - m c^{s_i}) / r_i^* < p q^{n_i}(1 - \eta_i) / (r_i^* + \eta_i) \quad (2)$$

Reversion of the inequality from (1) to (2) is brought about by discount rates and the cost of crop rotations. Under conditions given from (1), (2)

$$r_i^* < r_i \quad (3)$$

and,

$$m c^{*s_i} < m c^{s_i} \quad (4)$$

($\because d^2 m c^{s_i} / d r_i^2 > 0$)

are obtained.

(3) and (4) indicate that the subjective discount rate and the perceived cost of continuous cropping are greater than those of continuous cropping. Thus it can be shown that increasing these cost factors influence farmer cropping behavior. This is why policy intervention is necessary. This is not, however, a major theme in this paper, thus will not be treated in more detail.

3. Empirical Analysis

In this section we introduce an empirical analysis of cropping behavior by measuring the coefficient of stability of what we call cropping patterns. The method outlined requires only simple calculations using Lotus 123, one of the most widely used spreadsheets in Brazil. It does not require any special statistical knowledge.

This coefficient provides useful information independent of whether the cropping pattern is implemented under stable conditions or not because stability of cropping pattern is one of the necessary conditions for sustainable growth.

The definition of the coefficient is given as follows: coefficient of stability of cropping pattern = $C V_{Ni} / C V_{Yi}$

Let,

$C V_{Ni}$: The coefficient of variance for ratio of crop i among farmers not following the pattern.

$C V_{Yi}$: The coefficient of variance for ratio of crop i among farmers following the pattern.

The coefficient of variance is usually obtained by σ / m .

Let,

σ : standard deviation of the observation

m: mean of the observation

The sample data used in this paper are from survey data for about 100 radish producing farms in Tokachi, Japan. The aim of the analysis is to evaluate cropping behavior of farmers growing radish, whose continuous cropping often causes serious soil borne diseases which impede sustainable growth. In this area radish is a newly introduced crop so that soil borne diseases have not yet occurred. Continuous cropping is already practiced by some farmers. Thus it is necessary to evaluate the effects of this behavior on sustainability.

The type of cropping pattern is classified according to combination of pre-and post-radish crops; various combinations are possible. To simplify the discussion only two types are shown in this paper. Table 2 shows types of cropping pattern. Type I is rotation cropping and type II is continuous cropping.

TABLE 2. Types of cropping pattern: Pre-and Post-radish crop.

Type	Pre	Post	Type of cropping behavior
I	Wheat	Beans	Rotation cropping
II	Radish	Radish	Continuous cropping

The result is shown in Table 3. To obtain this coefficient you must first calculate the ratio of each crop for every farm. Then farmers are classified according to the types of cropping pattern and $C V_{Ni} / C V_{Yi}$ is calculated for each type. This is a simple task with Lotus 123. The lower coefficients correspond to the use of the more stable cropping pattern because variance among farmers is smaller.

TABLE 3. Coefficient of stability of cropping pattern.

Crop Ratio/Type	I	II
Bean	1.005	1.289
Beet	1.002	2.362
Wheat	0.760	1.320
Feed crop	0.690	1.000

Note: Crop ratio of i is obtained from (area of crop i)/(total area) in each farm

Table 3 shows that the coefficients of type II's are higher than type I's in every crop, indicating that stable cropping is not achieved in the case of radish continuous cropping. Beets show a much higher figure than other crops, indicating that farmers who use continuous cropping tend to cultivate beet more than farmers who use rotation cropping. Further study is needed to disclose factors responsible for higher preference for beets by these farmers but it evidently shows clear aspects of unstable continuous cropping.

4. Conclusion

In this paper we present a theoretical framework for sustainable cropping behavior from an economic perspective. We have never had an adequate theoretical framework heretofore to deal with sustainability problems. An empirical analysis for the evaluation of cropping behavior in real situations is presented using the proposed framework. The methodology presented is easy to use with the Lotus 123 spreadsheet.

In conclusion I would like to emphasize the need for researchers working with cropping systems to cooperate with biological scientists as well as social scientists and among themselves.

References

- HARDIN, G. The tragedy of the commons. *Science*, v. 162, p.1243-1248, 1986.
- *ITAMI, S. The trend of vegetable cropping in Tokachi area, Hokuno. v. 57, n. 4, p.477, 1990.
- *KIMURA, N. Development of farm management and land use. Nippon-Keizai-Hyoron-Sya. 1982.

- *NAKAJIMA, K. Formation of remote producing area and market response. In: MORI, A.; KAMANO, T.. **Reformation of vegetable producing area and market response**. Meibun Syobo, 1984, p.156- 157.
- *ONO, S. Evolution of vegetable farms, Meibun Syobo. 1980.
- *OKUNO, M.; SUZUMURA, K. Microeconomics II. Iwanami Shoten, 1988. p.274-298.
- *OHE, Y. Managerial features of vegetable cropping farms in the large scale upland farming area: a case of Radish. **Japanese Journal of Farm Management**, v. 29, n. 2, 1991.
- *OHE, Y.; KUROYANAGI, T.; TAKASHIMA, M. External diseconomy caused by livestock wastes and internalization. In: TAKASHIMA, M.; KUROYANAGI, T.: *Economic analysis of agricultural policy*). Meibun Syobo, 1981. p.89-127.
- *RASMUSEN, E. Games and information-an introduction to game theory, [s.l]: Basil Blackwell Ltd. Japanese translation by Hosoe, N. et al. (1990): **Economic Analysis of Game and Information I**, Kyushu University Press, 130-132, 1989.
- *SHICHINOHE, C. Evolution of land use systems in field crop areas In: KAJII, K. *Studies of Agricultural Land Use Systems*. Norin Toukei Kyokai. 1986. p.89-90.
- *SUZUKI, M. Game theory of competitive society, Keiso Syobo, 1970. p.227-236.
- *SUZUMURA, H. Theoretical study of economic planning. Chikuma Syobo, 1982. p.23-66.
- *YOSHIDA, H. Technical evolution of land use in Hokkaido field cropping, historical review of technological progress in agriculture. Nourinsuisan Gijutsujouhou Kyokai, 1980. parte 2, v. 2, p.135-147.

*in Japanese

NOTE ON THE ECONOMETRIC METHODS

Yasuo Ohe¹

For efficient economic analysis econometric methods have become necessary tools. Correct application, however, is not always easy because an analyst must have enough statistical and mathematical knowledge to correctly use these methods. On the other hand recent rapid progress in computer hardware and software enable economists to use various economic methods. Thus it is important for a well trained economist to master the use of this software.

In this paper TSP (Time Series Processor), one of the most popular econometric software packages developed in U.S.A., is introduced and explained for use with a personal computer. TSP in this paper is assumed to be used on a NEC 9800 RX which is equipped with an 80286 CPU. Regrettably, it is not compatible with IBM machines due to software differences.

1. Major Features of TSP

TSP has been used for more than twenty years in the U.S. and world wide due to its user friendly features. Some of these basic features are:

Both data and commands are entered in free format.

- Leads and Lags are specified in a natural way.
- There are few restrictions on the order of the operations in a run.
- All standard econometric techniques are available in an accurate and efficient form: ordinary least squares, two-stage least squares (instrumental variables), limited information maximum likelihood (LIML), polynomial distributed lags, autoregressive correction, and weighted least squares.
- Advanced techniques are available, including nonlinear least squares, multivariate regression, three stage least squares, full information maximum likelihood, estimation with qualitative dependent variables, and solutions of nonlinear models.
- A full set of matrix operations makes it possible for you to program your own estimators.

¹ Economic Analysis Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

- Up to 3000 observations can be handled. But some necessary conditions for the personal computer must be satisfied.

These are as follows:

- 1) Main memory: more than 640KB is necessary.

TSP uses the maximum memory of MS-DOS of 640KB. The message, 'Insufficient RAM for "COMMAND.COM" in subroutine "SYSTEM"', appears when you need more memory to run TSP. It is necessary to increase main memory to 640KB. The available memory for user can be confirmed by CHKDSK of MS-DOS command.

- 2) A math co-processor is required.

The role of the math co-processor, (8087 or 80287) is to speed up mathematical data processing by a factor of ten. Don't forget TSP can not run without the co-processor.

- 3) A hard disk is a desirable.

The hard disk is not an absolute condition but is desirable for more efficient use.

- 4) Setting of CONFIG.SYS file.

CONFIG.SYS file is to be set as follows:

FILES = 20

BUFFERS = 15

BREAK = ON

SHELL = A:COMMAND.COM A: ¥/P

2. Running TSP

There are three ways to start TSP:

- 1) > tsp

In this way TSP can be run interactively from a terminal to a screen. This is the easiest way to run TSP. You can get a hard copy with CTRL+P command of MS-DOS.

- 2) > tsp input-file

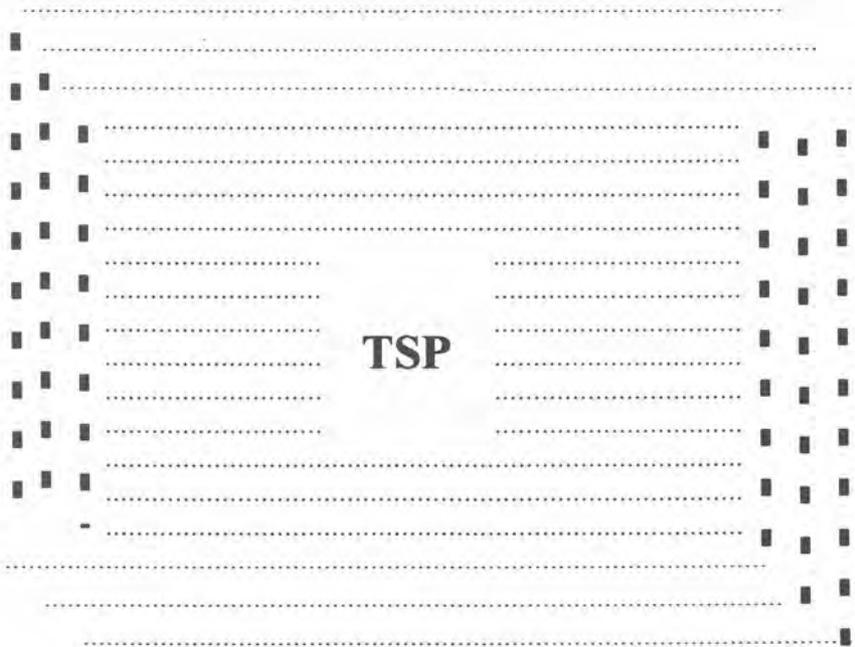
- 3) > tsp input-file output-file

TSP can be run non-interactively in 2) and 3) At first you create the

data or program file, which can be easily done with a text editor. These input files always have a file descriptor named 'TSP', for example: ILLUSTR41.TSP, ARMA.TSP, which are included in the original floppy disk. Secondly you name the output file for the result. When you don't specify a name, output file will be automatically created with 'OUT' as file descriptor. You can also use the 'CON' or 'PRN' commands when you want to get output on the screen or printer respectively.

When you have a printer of 80 columns, you have to input the command "PTION CRT" this is unnecessary with 132 columns. Finally don't forget that you always need to place a semicolon at the end of every TSP command.

3. Example of running TSP by interactive mode



■	this copy licensed	■
■	for use by:	■
■	Mr.	■

TSP Version 4.1B
 JUN 2 1988 IBM PC 640K
 Copyright © 1988 TSP International
 ALL RIGHTS RESERVED
 11/03/88 4:00 PM

In case of questions or problems, see your local TSP consultant or send a description of the problem and the associated TSP output to:

TSP International,
 P.O. Box 61015, Station A,
 Palo Alto, CA 94306,
 USA

Enter TSP statements:

- | | | |
|-----|--------------------------|--|
| 1 ? | FREQ A; | Specifies annual frequency for the data |
| 2 ? | SMPL 80 85; | Sets the Range of Data ... from 1980 t
1985 |
| 3 ? | LOAD CH; | Inputs of Data CH |
| 3 ? | 140 141 147 152 156 160; | |
| 4 ? | LADO GNP; | Inputs of Data GNP |
| 4 ? | 240 249 256 265 278 291; | |
| 5 ? | GENR G=GNP-CH; | Creates a New Variable G |
| 6 ? | PRINT CH G GNP; | Prints CH.G.GNP |

	CH	G	GNP
1980	140.00000	100.00000	240.00000
1981	141.00000	108.00000	249.00000
1982	147.00000	109.00000	256.00000
1983	152.00000	113.00000	265.00000
1984	156.00000	122.00000	278.00000
1985	160.00000	131.00000	291.00000

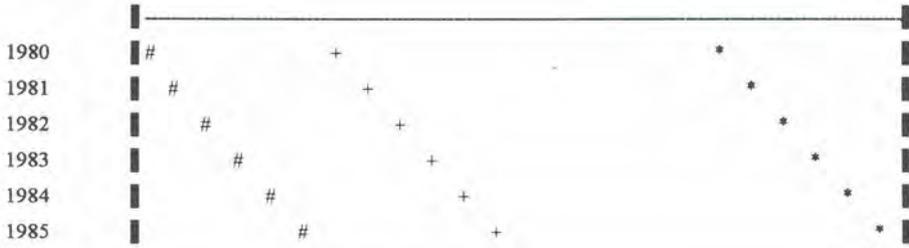
- 7 ? PLOT CH + G # GNP *; Plot of CH,G,GNP

TIMES SERIES PLOT

CH PLOTTED WITH +
G PLOTTED WITH #
GNP PLOTTED WITH *

MINIMUM
100.00000

MAXIMU
291.0000



100.00000
MINIMUM

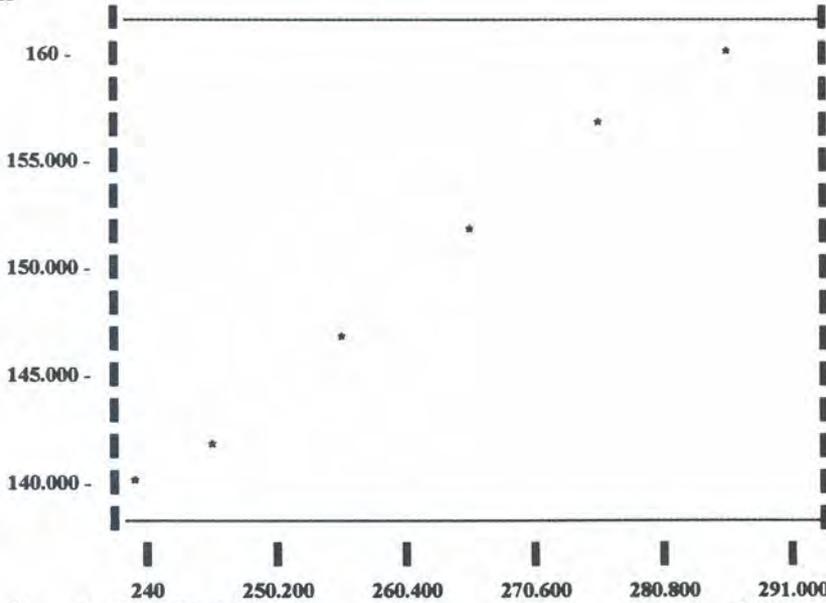
291.0000
MAXIMU

8 ? GRAPH CH GNP;

Plot of CH versus GN

PLOT OF CH versus GNP

CH



9 ? OLSQH C GNP;

Estimation by OL

EQUATION 1

METHOD OF ESTIMATION = ORDINARY LEAST SQUARES

DEPENDENT VARIABLE: CH

	SUM OF SQUARED RESIDUALS		11.1299
	STANDARD ERROR OF THE REGRESSION		1.66808
	MEAN OF DEPENDENT VARIABLE		149.333
	STANDARD DEVIATION		8.09115
	R-SQUARED		0.965998
	ADJUSTED R-SQUARED		0.957498
	DURBIN-WATSON STATISTIC		2.0561
	F-STATISTIC (1, 4)		113.641
	LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION		-10.3673
	NUMBER OF OBSERVATION		6
VARIABLE	ESTIMATED COEFFICIENT	STANDARD ERROR	T-STATISTIC
C	38.627	10.407	3.7115
GNP	0.42067	0.39462E-01	10.660

10 ? INST(INST=(C G)) CH C GNP; Estimation by Instrumental
Variable Method

EQUATION 2

METHOD OF ESTIMATION = INSTRUMENTAL VARIABLE

INSTRUMENTAL VARIABLES: C G

DEPENDENT VARIABLE: CH

	SUM OF SQUARED RESIDUALS		11.3365
	STANDARD ERROR OF THE REGRESSION		1.68349
	MEAN OF DEPENDENT VARIABLE		149.333
	STANDARD DEVIATION		8.09115
	R-SQUARED		0.965998
	ADJUSTED R-SQUARED		0.957498
	DURBIN-WATSON STATISTIC		1.9656
	F-STATISTIC (1, 4)		111.497
	EHHE		0.105998E-29
	NUMBER OF OBSERVATIONS		6
VARIABLE	ESTIMATED COEFFICIENT	STANDARD ERROR	T-STATISTIC
C	41.457	10.600	3.9110
GNP	0.40992	0.40194E-01	10.199
11	? FORM EQCH	Creates Equations	
12	? IDENT EQGNP GNP=CH+G	Creates Identities	
13	? PRINT EQCH EQGNP	Prints Equations and Identities	

EQUATION: EQCH

FRML EQCH CH = 41.4566 + 0.4099* GNP

EQUATION: EQGNP

IDENT EQGNP GNP = CH + G

14 ? SIML(ENDOG = (CH, GNP))EQCH EQGNP;

Model Simulatio

MODEL SIMULATION

NUMBER OF EQUATIONS: 2

METHOD: NEWTON

STEP SIZE METHOD: BARD

PRINT OPTIONS: PRINT = F PRNRES = F PRNDAT = F PRNSIM = T
STATIC SIMULATION

NOTE ⇒ The model is linear in the variables.

Working space used by SIML = 184

SIMULATIONS RESULTS

	CH	GNP
1980	139.72360	239.72360
1981	145.28104	253.28104
1982	145.97572	254.97572
1983	148.75443	261.75443
1984	155.00655	277.00655
1985	161.25866	292.25866

15 ? END

End of TSP

References

TSP User's Guide Version 4.1, TSP International, 1987.
TSP Reference Manual 4.1, TSP International 1987.

SOLOS E ÁGUA

- **Fertilidade do Solo**
 - **Irrigação**
 - **Manejo e Conservação de Solos**
 - **Microbiologia do Solo**
 - **Metodologia**
-

AValiação DO POTENCIAL DE SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO EM UM SOLO DE CERRADO

Nobuo Kosuge¹; Allert Rosa Suhet²;
Marília Lobo Burle³; Nirceu Werneck Linhares⁴

SUMÁRIO - Para avaliar o nível de fertilidade do solo quanto ao nitrogênio e ainda o potencial de produção dos solos dos cerrados, foram coletadas em janeiro e junho de 1991, amostras de solo, como material de análise, em parcelas experimentais com feijão bravo do Ceará (FB), tefrosia (TC) e em pousio (VA) no inverno (época seca), tendo o milho no verão (época chuvosa), rotação essa realizada desde 1988. Foram escolhidas as parcelas com 0 e 200 kg/ha de nitrogênio para o milho, separando-se as camadas de 0-15 cm e 15-30 cm. Quanto aos itens de análise, foram separados em nitrogênio total, nitrogênio disponível, nitrogênio da biomassa e nitrogênio orgânico. Os resultados obtidos foram os seguintes: 1. Observou-se correlação significativa entre os valores do nitrogênio total do solo coletado em junho/91 e o rendimento do milho do ano agrícola subsequente. 2. O coeficiente de correlação entre o valor da análise do nitrogênio disponível e o rendimento do milho foi baixo. A correlação entre o valor obtido pelo método de coloração do extrato, que é o método mais fácil de análise, e o valor da análise do nitrogênio disponível pelo método Kjeldahl, também foi baixa. Assim, os métodos de coloração e o de Kjeldahl não foram adequados para fornecer um índice do nível de fertilidade do solo quanto ao nitrogênio. 3. A correlação entre os valores de nitrogênio da biomassa e o rendimento do milho indicou que essa variável pode ser utilizada para avaliação do nível de fertilidade do solo quanto ao nitrogênio. A dificuldade do método é o tempo de 6 semanas exigido para análise. 4. Separação das formas de nitrogênio orgânico. Os teores de nitrogênio hidrolisável, nitrogênio de amino glicose, nitrogênio de amino ácido e nitrogênio de huminas foram mais altos nos solos com plantio de feijão bravo do que no solo mantido em pousio no inverno. O nitrogênio do amino ácido é o mais facilmente decomponível, seguido do nitrogênio do

¹ Fertilidade do Solo, Consultor da EMBRAPA/JICA.

² Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

³ Eng. - Agr., EMBRAPA/CPAC.

⁴ Téc. - Especial., EMBRAPA/CPAC.

amino glicose. A análise destas duas formas de nitrogênio pode ser adequada para indicar o índice de fertilidade quanto ao nitrogênio, porém a dificuldade está na complexidade do método de análise. Observou-se uma maior quantidade de nitrogênio de humina no solo coletado em junho do que em janeiro.

Introdução

Desde o início da intensificação do uso da Região dos Cerrados para a produção agrícola, foram desenvolvidas tecnologias que possibilitaram um aumento expressivo da produção devido ao aumento da área cultivada. Presentemente o desafio maior é o de aumento de produtividade, sem comprometimento da conservação do ambiente.

O nitrogênio é o elemento que mais influencia a produtividade das culturas por ser o nutriente extraído em maior quantidade. Em seu ciclo no solo se identifica a adição, pela fixação biológica e pela adubação, e as perdas, através da lixiviação e denitrificação (Delwiche, 1970; Tsuru, 1982). Já foram desenvolvidos trabalhos de pesquisa nos Cerrados enfocando a denitrificação (Yamaguchi et al., 1991), a fixação biológica e a adubação (Suhet et al., 1985).

No solo existem várias formas de combinações químicas do nitrogênio que podem ser divididas em orgânicas e inorgânicas. A maioria do nitrogênio inorgânico é composta de amônio e nitrato, que são íons prontamente absorvidos pelas plantas. O amônio é suprido através da amonificação, que é um processo de degradação biológica de compostos orgânicos. Pela ação de outros microrganismos o amônio é transformado em nitrato que é pouco adsorvido pelas partículas do solo, podendo ser perdido pela lixiviação e denitrificação.

O nitrogênio está presente no solo em diversos compostos orgânicos, que ao serem degradados pelos microrganismos produzem amônio. O nível de fertilidade do solo quanto ao nitrogênio, está relacionado com a quantidade destes compostos orgânicos nitrogenados. Há várias pesquisas realizadas com o propósito de escolher uma análise que fornecesse um índice indicativo do nível de fertilidade do solo quanto ao nitrogênio (Kenney & Bremner, 1966; Jenkinson & Powlson, 1976 a,b; Ida et al., 1978; Stanford & Smith, 1978; Marumoto, 1986; Robertson et al., 1988; Ogawa et al., 1989), em que os autores analisaram o nitrogênio total, nitrogênio inorgânico, nitrogênio da biomassa etc. Neste trabalho será calculada a correlação entre os teores de nitrogênio de diversas formas e a produtividade do milho, com o

objetivo de selecionar uma análise apropriada para indicar o nível de fertilidade do solo quanto ao nitrogênio, para subsidiar os programas de pesquisa e de adubação com nitrogênio.

Material e Métodos

Materiais

Foram coletadas e analisadas amostras de um Latossolo Vermelho Escuro, argiloso, do campo experimental da EMBRAPA/CPAC, em Planaltina, DF, onde se faz rotação de milho, no verão, com adubos verdes, no inverno. As propriedades químicas do solo são: 0,1 meq Al^{3+} /100 ml; 4,5 meq $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ /100 ml; 9 ppm P; 46 ppm K e 2,6% de matéria orgânica.

Foram coletadas amostras de três tratamentos: FB: cultivo da *Canavalia brasiliensis* (feijão bravo do Ceará) no inverno; TC: cultivo da *Tephrosia candida* (tefrósia) no inverno); VA: parcela em pousio no inverno (pousio). De cada tratamento foram coletadas amostras nas parcelas com 0 e 200 kg/ha de nitrogênio, aplicado para o milho do verão, em três repetições, nas camadas de 0-15 e 15-30 cm, nas datas de 22/1/91 (época chuvosa) e 06/06/91 (época seca), perfazendo um total de 36 amostras. Cada amostra foi composta de quatro sub-amostras. Foi coletada uma amostra do solo virgem ao lado da área experimental, para referência.

Método

Os materiais acima foram utilizados para analisar os níveis de fertilidade do solo quanto ao nitrogênio.

1. Nitrogênio Total

Foi feita a análise do nitrogênio total contido no solo, pelo método Kjeldahl.

2. Nitrogênio Disponível

Foi feita a extração com solução tampão de fosfato a pH 7,0 e analisado pelo método de Kjeldahl (Ogawa et al., 1989). Também foi feita a determinação colorimétrica, com filtro de 420 nm, utilizando um espectrofotômetro marca SHIMADZU UV-210A.

3. Nitrogênio da Biomassa

O procedimento da análise está indicado na Figura 1.

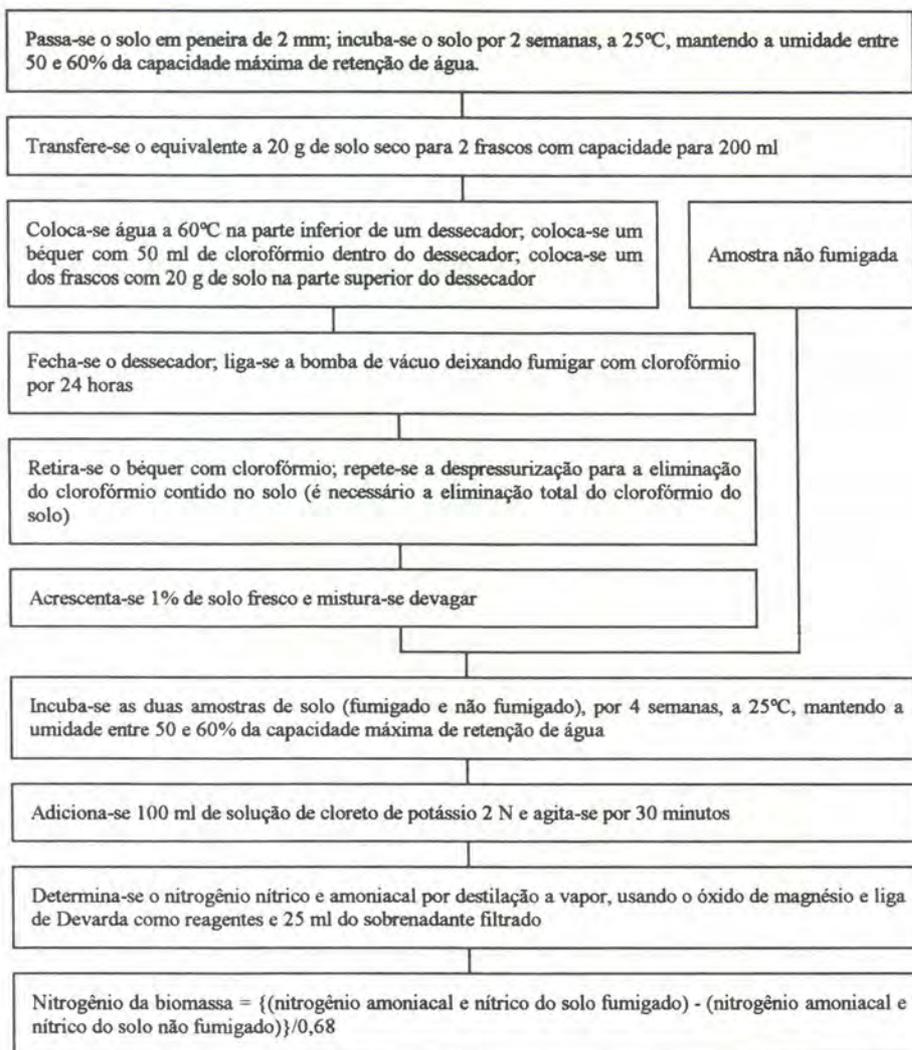


FIG. 1 - Método de análise do nitrogênio da biomassa.

4. Formas do Nitrogênio Orgânico

O procedimento da análise está indicado na Figura 2.

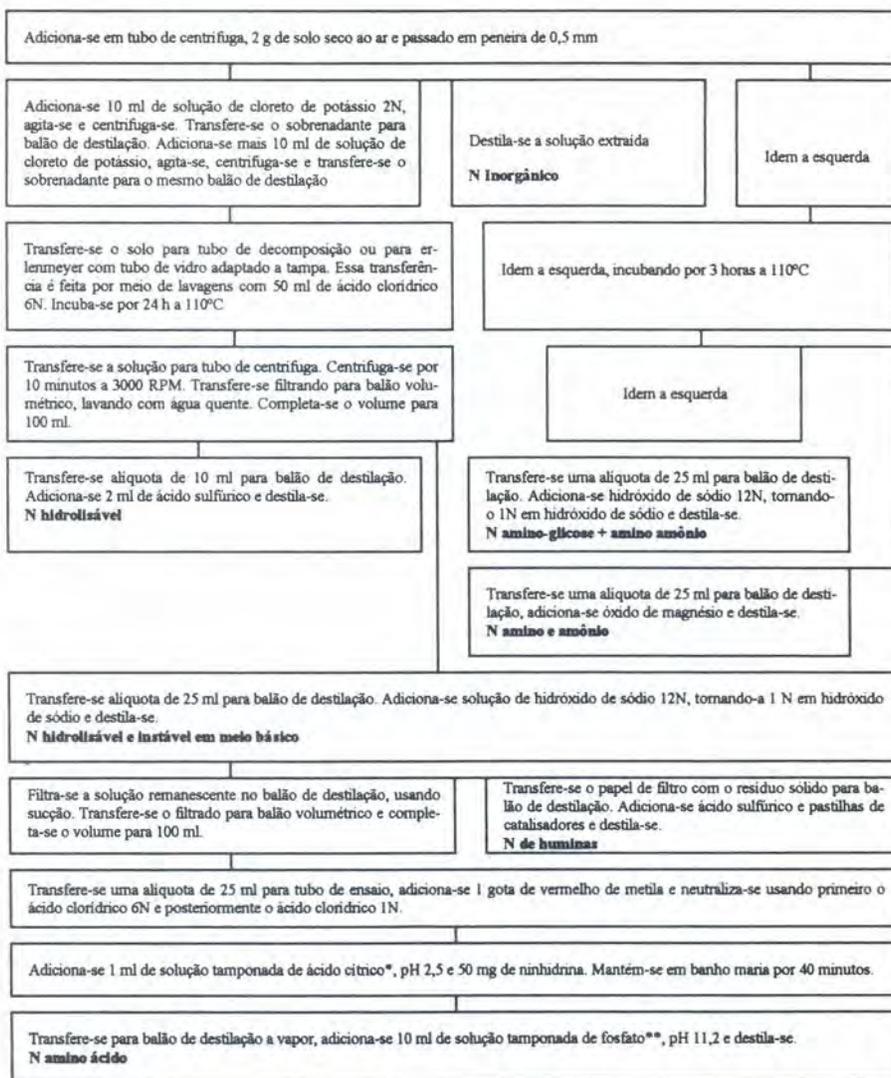


FIG. 2 - Método de análise de formas de nitrogênio orgânico (Ida et al., 1978).

* Solução tamponada de pH 2,5.

10,30 g citrato de sódio, 95,75 g de ácido dissolvido em 1 litro de água.

** Solução tamponada de pH 11,2.

100 g de fosfato trissódico.12 H₂O, 25 g de borato de sódio dissolvido em 1 litro de água.

Foi utilizado o método de Ida et al. (1978), que permite a separação das formas de nitrogênio orgânico do solo. Determina-se o nitrogênio hidrolisável, que é composto de nitrogênio de amino e amônio, nitrogênio de amino glicose, nitrogênio de amino ácido e nitrogênio de humina. Dentre estes compostos o nitrogênio do amino ácido é o mais fácil de degradar no solo, seguido do nitrogênio de amino glicose.

Resultado e Discussão

Na Tabela 1 está indicada a produção do milho, colhido em 29/4/92, das parcelas onde foi amostrado o solo para as análises de nitrogênio. Em média, o tratamento que teve feijão bravo do Ceará no inverno produziu mais do que o tratamento com tefrósia, que por sua vez, produziu mais do que o tratamento pousio. Com 200 kg/ha de nitrogênio a produção foi maior do que sem aplicação de nitrogênio. A produtividade variou de 2975 kg/ha a 6741 kg/ha, com os dados bem distribuídos nesta faixa e, portanto, apropriados para o estudo de correlação com as variáveis de nitrogênio no solo.

TABELA 1 - Rendimento do milho (Abril/92).

Cultura de inverno	Tratamento doses de nitrogênio para o milho	Rendimento do milho (Kg/ha de grãos)			
		Bloco I	II	III	média
FB (feijão bravo do Ceará)	200 Kg/ha	5.738	6.741	5.273	5.917
	0 Kg/ha	4.723	4.394	4.666	4.594
TC (tefrósia)	200 Kg/ha	6.252	5.602	5.583	5.812
	0 Kg/ha	4.420	4.337	4.273	4.343
VA (pousio)	200 Kg/ha	5.785	5.451	5.303	5.513
	0 Kg/ha	2.975	3.248	2.992	3.072

1. Nitrogênio Total

Na Figura 3 estão os resultados da análise do nitrogênio total do solo. Na camada de 0-15 cm o teor variou de 110 a 180 mg N/100g de solo e na camada de 15-30 cm, variou de 110 a 150 mg N/100g. Há grande variação entre as repetições de um mesmo tratamento. Foi verificada a tendência do nitrogênio total da camada 0-15 cm ser maior no tratamento com feijão bravo do Ceará do que no tratamento em que as parcelas ficaram em pousio no inverno. Não foi verificada diferença entre os tratamentos com tefrósia e pousio.

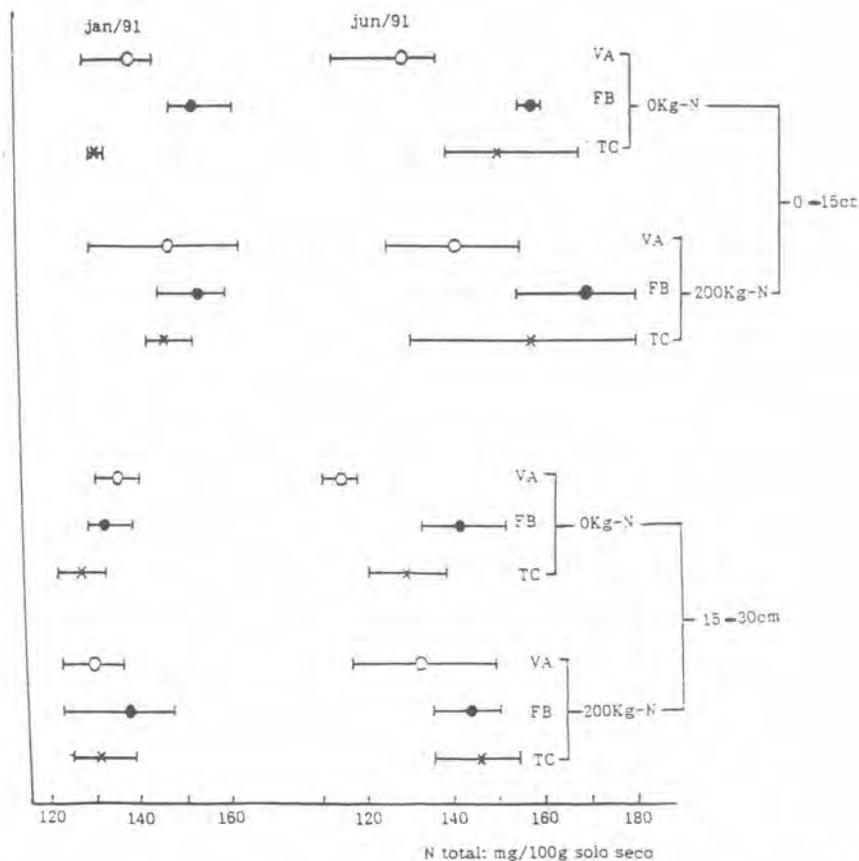


FIG. 3 - Nitrogênio total no solo, com indicação da média, valor mínimo e valor máximo.

Foi calculada a correlação entre os dados de nitrogênio total no solo e os dados de produtividade do milho. A Figura 4 mostra a correlação obtida com os dados da coleta de junho/91, da camada de 1530 cm. O coeficiente de correlação foi de 0,751. Os demais coeficientes de correlação foram mais baixos: $r = 0,616$ com o nitrogênio da camada de 0-15 cm, de junho/91; $r = 0,517$ com o nitrogênio da camada de 0-15 cm de janeiro/91; $r = 0,160$ com o nitrogênio da camada de 15-30 cm, de janeiro/91.

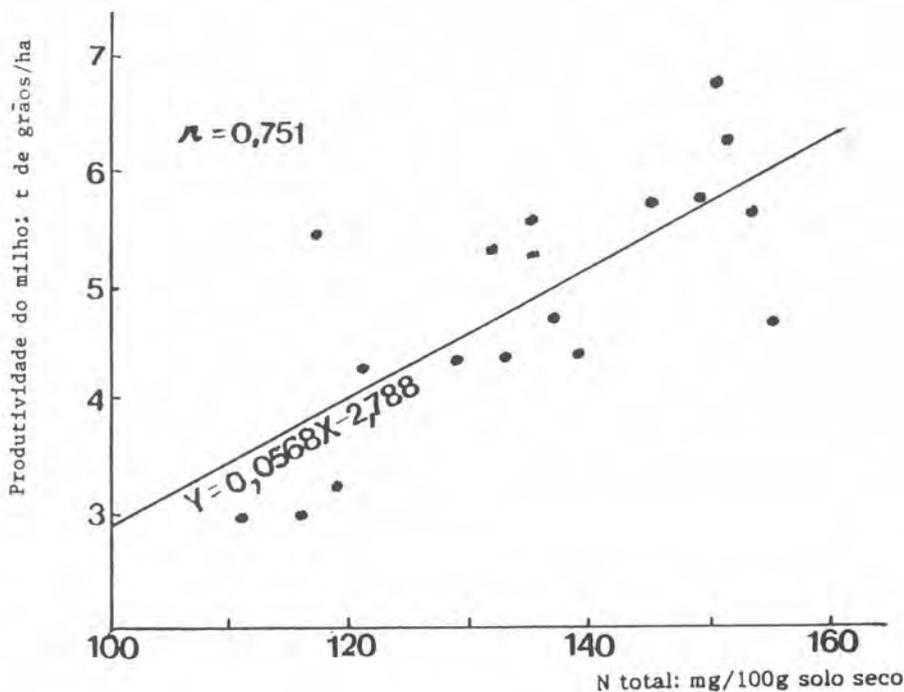


FIG. 4 - Relação entre N total no solo (jun.91, 15-30 cm) e a produtividade da cultura do milho (Abr. 92).

Esses resultados indicam a possibilidade de uso do nitrogênio total do solo como um índice de sua fertilidade, quanto ao suprimento de nitrogênio para as plantas. Neste trabalho, a melhor época de coleta de amostras foi junho, na camada de 15-30 cm.

2. Nitrogênio Disponível

Na Figura 5 estão apresentados os resultados da análise do nitrogênio disponível pelo método Kjeldahl, extraído com solução de sulfato tamponado. Foram encontrados valores que variaram de 2-8 mg N/100g de solo seco. Assim como no caso do nitrogênio total, verifica-se grande variação entre as repetições de um mesmo tratamento.

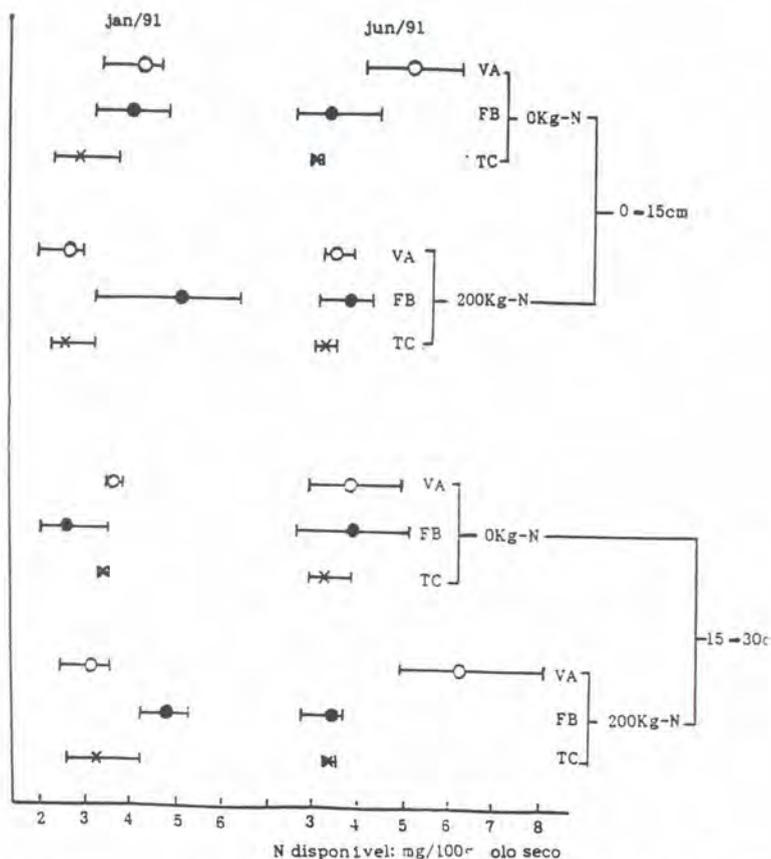


FIG. 5 - Nitrogênio disponível no solo (amônio + nitrato), com indicação da média, valor mínimo e valor máximo.

Foi calculado o coeficiente de correlação entre os valores da análise de nitrogênio disponível em cada camada e o rendimento do milho. Os coeficientes obtidos foram baixos (0,251 e 0,218 em janeiro e 0,379 e 0,113 em junho, para as camadas de 0-15 cm e 15-30 cm, respectivamente) e não significativos.

Na Figura 6 está indicada a correlação entre o valor da análise do nitrogênio disponível e o nível de absorvância da solução. O coeficiente de correlação foi de 0,663. Este valor pode ser considerado insatisfatório. É possível que a cor da solução extraída do Latossolo esteja interferindo na leitura da absorvância. Este método foi desenvolvido para solos húmicos e pode não ser adequado para solos com pouco húmus.

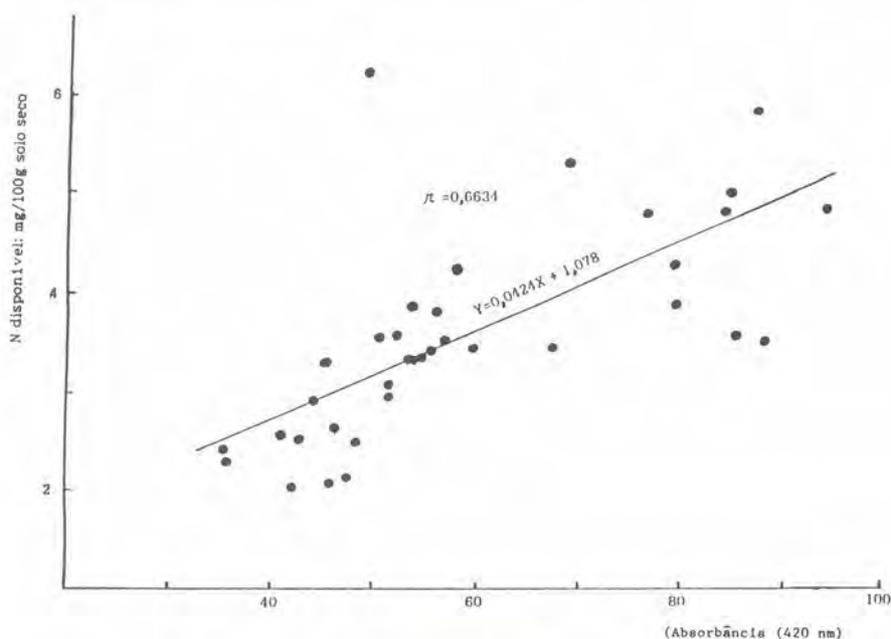


FIG. 6 - Relação entre N disponível no solo, extraído pela solução de fosfato, e os valores de densidade ótica da solução.

Torna-se necessário continuar testando outros métodos de determinação de nitrogênio disponível, para se encontrar um que seja adequado para a avaliação do nível de fertilidade do solo de Cerrado quanto ao nitrogênio.

3. Nitrogênio da Biomassa

Como os microrganismos do solo existem em maior quantidade na superfície, só foi analisado o nitrogênio da biomassa do solo da camada de 0-15 cm. Os valores encontrados variaram de 1 a 4 mg N/100g de solo seco (Figura 7). Como referência, foi analisado o nitrogênio da biomassa do solo virgem, obtendo o valor de 13,5 mg/100g de solo seco, que é notadamente maior do que o nitrogênio da biomassa do campo experimental, indicando que o nitrogênio da biomassa do solo declinou abruptamente com o cultivo.

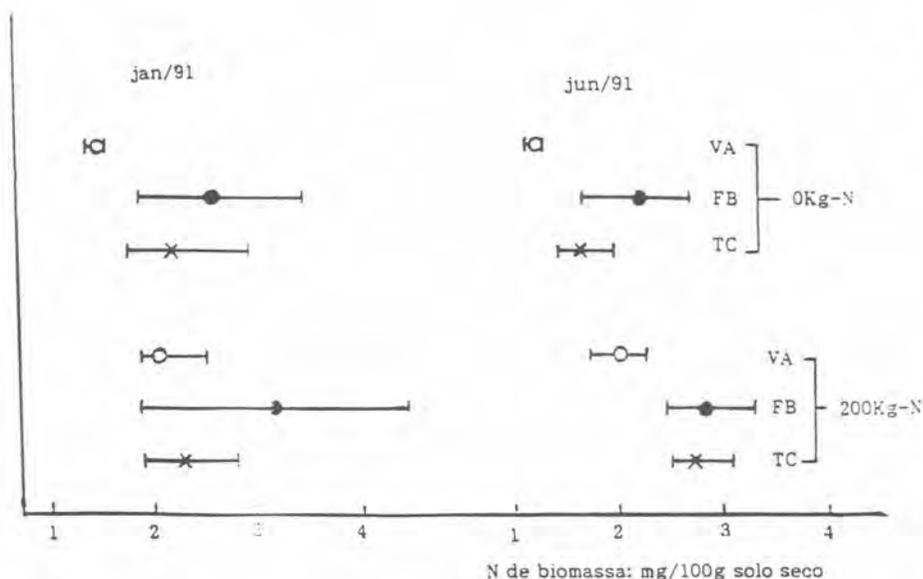


FIG. 7 - Nitrogênio da biomassa no solo (0-15 cm), com indicação da média, valor mínimo e valor máximo.

Todos os valores do tratamento FB são maiores do que os do VA. Entre os tratamentos TC e VA, somente não foi constatada diferença considerável no tratamento com 200 kg/ha de nitrogênio, no solo coletado em janeiro.

A Figura 8 indica a correlação entre o nitrogênio da biomassa do solo coletado em junho de 91, na camada de 0-15 cm, e o rendimento do milho, cujo coeficiente foi de 0,724. O coeficiente para os dados do mês de janeiro foi de 0,482.

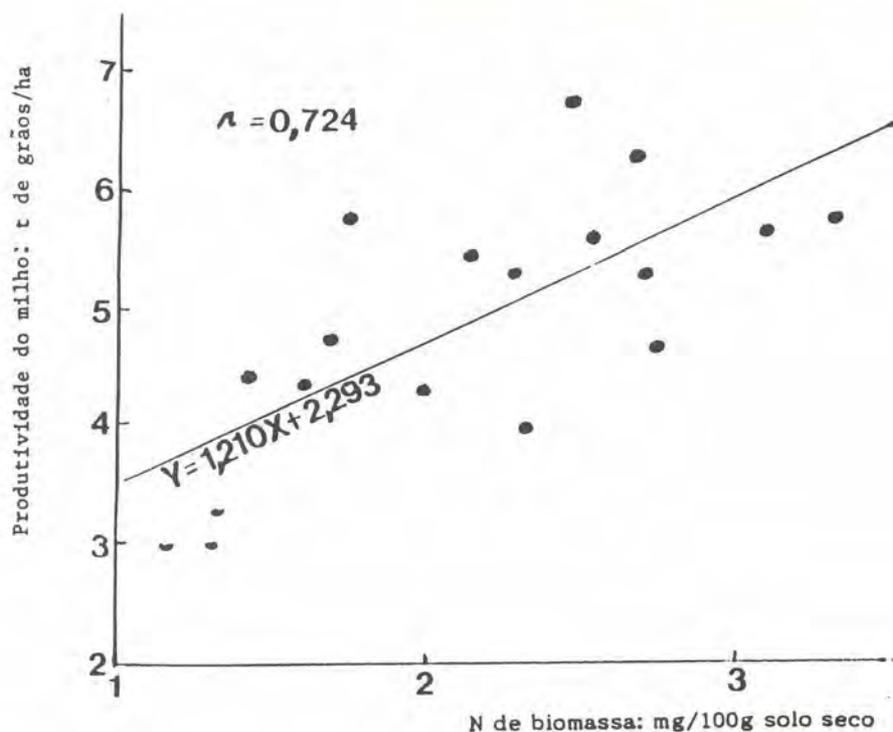


FIG. 8 - Relação entre N da biomassa no solo (jun. 91, 0-15 cm) e a produtividade da cultura do milho (Abr. 91).

O nitrogênio da biomassa é aquele contido nos microrganismos do solo. O aumento da quantidade de microrganismos, é de grande importância para o aumento do nível de fertilidade do solo. Segundo Jenkinson (1976a,b), o teor de nitrogênio da biomassa pode tornar-se um índice indicativo da fertilidade do solo quanto ao nitrogênio. Para o cálculo do teor de nitrogênio da biomassa foi utilizada a indicação de Marumoto (1986) de que 68% dos resíduos dos microrganismos são decompostos em quatro semanas. Há necessidade de se desenvolver pesquisa para determinar essa percentagem nos solos dos Cerrados.

Para a análise do nitrogênio da biomassa é necessário um período de 6 semanas, sendo simples o manuseio das amostras. Os dados da coleta do solo realizada no mês de junho/91 apresentaram correlação mais elevada com os dados de produção do ano agrícola 91/92 do que os da coleta realizada em janeiro/91.

4. Análise para separação das formas de nitrogênio orgânico

A análise para a separação das formas de nitrogênio orgânico foi efetuada nas amostras da camada de 0-15 cm, dos tratamentos com feijão bravo do Ceará e de pousio no inverno, das parcelas com 0 e 200 kg/ha de nitrogênio para o milho no verão, coletadas em janeiro e junho, em três repetições, perfazendo 24 amostras. O tratamento com feijão bravo foi escolhido por ter proporcionado maior produção de milho no ano anterior do que o tratamento com tefrósia.

Na Tabela 2 estão indicados os teores e as diferentes formas do nitrogênio orgânico e os teores do nitrogênio total e do nitrogênio inorgânico. Pode-se verificar que o teor do nitrogênio inorgânico é extremamente baixo nesse solo.

TABELA 2 - Análise de separação do nitrogênio orgânico do solo, na camada de 0 - 15 cm.

Plano do experimento		NO									
Cultura de inverno	Doses de N	DCA	NT	NNH	NHD	NAA	NAG	NAC	NHN	OTN	NI
1. FB	200 kg/ha	06/91	170,3	34,7	134,5	21,5	15,7	25,0	12,0	60,3	1,1
2. FB	200 kg/ha	01/91	154,7	25,8	128,2	18,6	16,2	22,5	2,8	68,1	0,7
3. FB	0 kg/ha	06/91	159,4	28,9	129,8	21,8	13,8	21,3	11,3	61,6	0,7
4. FB	0 kg/ha	01/91	153,7	28,5	125,1	22,2	13,8	22,5	4,3	61,9	0,1
5. VA	200 kg/ha	06/91	141,9	32,4	109,5	19,6	12,6	18,8	9,7	48,8	0
6. VA	200 kg/ha	01/91	147,7	48,3	99,3	20,7	11,8	17,5	1,6	47,7	0,1
7. VA	0 kg/ha	06/91	130,7	25,1	105,6	18,4	12,2	15,0	10,0	50,0	0
8. VA	0 kg/ha	01/91	40,0	44,6	95,4	20,5	9,9	12,5	2,2	50,3	0,1

Obs: A unidade dos números é mg de nitrogênio/100g de solo seco

Legenda: NNH - Nitrogênio não hidrolisável
 NHD - Nitrogênio hidrolisável
 NAA - Nitrogênio de amino e amônio
 NAG - Nitrogênio de amino glicose
 NAC - Nitrogênio de amino ácido
 NHN - Nitrogênio de huminas
 OFN - Outras formas de nitrogênio
 FB - Feijão Bravo do Ceará no inverno
 VA - Lote em pousio no inverno
 NT - Nitrogênio Total
 NO - Nitrogênio Orgânico
 NI - Nitrogênio Inorgânico
 DCA - Data da coleta da amostra

O teor de nitrogênio chamado de "outras formas de nitrogênio" foi muito maior do que o encontrado em solos japoneses. Por outro lado, o teor do nitrogênio na forma de huminas foi mais baixo. Segundo Ida et al. (1978) há grande quantidade de nitrogênio na forma de huminas no nitrogênio não hidrolisável.

Na Tabela 3 estão indicados os resultados das análises de variância dos dados. O cultivo do feijão bravo teve efeito altamente significativo (1% de probabilidade) nos valores de nitrogênio hidrolisável, nitrogênio de amino glicose e nitrogênio de amino ácido, e teve efeito significativo (5% de probabilidade) nos valores de nitrogênio total e nitrogênio de humina. Aumento do nitrogênio de amino ácido e de amino glicose significa aumento do nitrogênio facilmente utilizado pelas culturas, ou seja, aumento no nível de fertilidade do solo quanto ao nitrogênio, o que foi revelado pelo maior rendimento do milho.

TABELA 3 - Análise da variação do valor de nitrogênio orgânico no solo.

Item	Plano do experimento			Análise de separação			
	Fator	Nível 1	Nível 2	Grau Lib.	Soma qua.	Variância	Teste F
NT	A. CI	FB	VA	1	741,13	741,13	15,89*
	B. DN	200 kg/ha	0 kg/ha	1	120,13	120,13	2,58
	C. DCA	06/91	01/91	1	3,13	3,13	0,07
	erro			4	186,52	46,63	
NHD	A. CI	FB	VA	1	1.452,61	1.452,61	497,47**
	B. DN	200 kg/ha	0 kg/ha	1	30,42	30,42	10,42*
	C. DCA	06/91	01/91	1	123,25	123,25	42,21**
	erro			4	11,69	2,97	
NAA	A. CI	FB	VA	1	3,00	3,00	1,14
	B. DN	200 kg/ha	0 kg/ha	1	0,78	0,78	(-) 0,10
	C. DCA	06/91	01/91	1	0,06	0,06	(-) 0,02
	erro			4	10,54	2,64	
NAG	A. CI	FB	VA	1	21,13	21,13	30,71**
	B. DN	200 kg/ha	0 kg/ha	1	5,12	5,12	7,44
	C. DCA	06/91	01/91	1	0,85	0,85	1,24
	erro			4	2,75	0,69	
NAC	A. CI	FB	VA	1	94,53	94,53	48,40**
	B. DN	200 kg/ha	0 kg/ha	1	19,53	19,53	10,00*
	C. DCA	06/91	01/91	1	3,25	3,25	1,60
	erro			4	7,81	1,95	
NHN	A. CI	FB	VA	1	6,66	6,66	15,48*
	B. DN	200 kg/ha	0 kg/ha	1	0,55	0,55	(-) 1,28
	C. DCA	06/91	01/91	1	125,61	125,61	292,12**
	erro			4	1,72	0,43	

Obs: * - há diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

** - há diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade.

Legenda:

Grau Lib. - Grau de liberdade

NT - Nitrogênio total

NHD - Nitrogênio hidrolisável

NAA - Nitrogênio de amino e amônio

CI - Cultura de inverno

DCA - Data de coleta da amostra

A - Lote em pousio no inverno

Soma qua. - Soma dos quadrados

NAG - Nitrogênio de amino glicose

NAC - Nitrogênio de amino ácido

NHN - Nitrogênio de huminas

DN - Dose de nitrogênio

FB - Feijão Bravo do Ceará no inverno

Com a aplicação de adubo nitrogenado, obteve-se efeito significativo na análise de variância para o nitrogênio hidrolisável e nitrogênio de amino ácido. Porém, mesmo com a aplicação de 200 kg/ha de nitrogênio, a influência na elevação do nível de fertilidade do solo quanto ao nitrogênio não foi tão expressiva quanto com o cultivo de feijão bravo do Ceará.

Em termos de diferença entre épocas de coleta, o solo coletado no inverno (estação seca) teve um valor maior de nitrogênio hidrolisável e nitrogênio de huminas do que o solo coletado no verão (estação chuvosa). No caso do nitrogênio de huminas, o valor do teste F foi alto, deixando clara a diferença entre as duas épocas.

Referências Bibliográficas

- DELWICHE, C.C. The nitrogen cycle, *Scientific American*, 233,3 136-146 (1970).
IDA, A.; FUKAYAMA, M.; MORI, T.; TOKUNAGA, Y. Separative analysis of organic nitrogen, **Analytical Methods for Soil Nutrient**, Yokendo, Tokyo (s.n.), 1978. p.201-205.
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biotical treatment on metabolism in soil - I. Fumigation with chloroform, **Soil Biol. Biochem.**, v.8, p.167-177, 1976a.
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biotical treatment on metabolism in soil - V.A method for measuring soil biomass, **Soil Biol. Biochem.**, v.8, p.209-213, 1976b.
- KENNEY, D.R.; BREMNER, J.M. Comparison and evaluation of laboratory method of obtaining an index of soil nitrogen availability. **Agronomy Journal**, v.58, p.498-503, 1966.
- MARUMOTO, T. Biomass nitrogen, *Standard methods for soil analysis*, Hakuyusha, Tokyo (s.n.), 1986. p.307-314.
- OGAWA, Y.; KATO, H.; ISHIKAWA, M. A simple analytical method for index of soil nitrogen availability by extracting, **Japan. Journal Soil Science. Plant Nutrition**. v.60, p.160-163, 1989.
- ROBERTSON, K.; SCHNURER, J.; CLARHOLM, M.; BONDE, T.A.; ROSSWALL, T. Microbial biomass in relation to C and N mineralization during laboratory incubations, **Soil Biology. Biochemistry**, v.20, p.281-286, 1988.
- STANFORD, G.; SMITH, S.J. Oxidative release of potentially mineralizable soil nitrogen by acid permanganate extration. **Soil Science**, v.126, p.210-218, 1978.
- SUHET, A.R.; PERES, J.R.R.; VARGAS, M.A.T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W.J. ed. *Solos dos Cerrados: Tecnologias e estratégias de manejo*. Planaltina/São Paulo: EMBRAPA-CPAC/Nobel, 1986. p.167-202.
- TSURU, S. Nitrogen cycle and soil biomass in ecosystem of agriculture and forestry, **Agric. and Horti.**, v.57, p.1011-1016, 1982.
- YAMAGUCHI, T.; VARGAS, M.A.T.; JÚNIOR, A.L. Emissão de monóxido de nitrogênio do solo e sua medida por cromatografia gasosa no Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE OS PROGRESSOS DA PESQUISA AGRONÔMICA NA REGIÃO DOS CERRADOS. 1991, Cuiabá. **Anais. Brasília: EMBRAPA/JICA**, 1992. p.96-99.

NITRIFICATION PROCESS IN TEA FIELD SOILS OF JAPAN

Masahito Hayatsu¹

Introduction

Soil pH is a limiting factor for nitrification. The nitrification activity is higher in neutral or slightly alkaline soils. The nitrification potential has been found to be negligible below pH 5.0 and the lowest value of pH is considered to be around 4.5 (Dancer et al. 1973; Gilmour 1984).

On the other hand, some investigations indicated that nitrification can occur in strongly acidic soils with pH values of 4 to 5 (Weber and Gainey 1962; Weier and Gilliam 1986). It was suggested that heterotrophic nitrification was responsible for the formation of nitrite or nitrate in acid soils (Focht and Verstraete 1977). However, the process of nitrification in acid soils is poorly understood.

The soil pH of tea fields becomes strongly acid by heavy fertilization. However nitrification can occur in tea soils despite a low pH value of about 4. We used the soils of a tea field to investigate the nitrification process under acidic soil conditions.

Lowest value of pH for nitrification in tea soil

Twelve soil samples were collected from a tea field in Japan. The pH of the samples ranged from 3.3 to 5.1, organic carbon content from 1.1 to 11.6% and total nitrogen content from 0.1 to 0.9%. The nitrification rate was measured by the soil incubation method. The nitrification activity showed a positive correlation, $r=0.81$ (1% significance) with the soil pH. The relation suggested that the nitrification activity was zero at around pH 2.9. This value is very low since pH 4.5 had been considered to be the lowest limit by other investigators.

Characteristics of nitrification in tea field soils

Two soil samples (red and yellow soil; pH 3.6, andosol; pH 3.5) were used to evaluate the characteristics of nitrification in the tea soils. The nitrification activity was measured by the soil incubation method.¹

¹ Soil Sciences Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

Nitrapyrin which is considered to inhibit the ammonia oxidation system, was used as selective inhibitor in order to differentiate autotrophic from heterotrophic nitrification (Shattuk and Alexander, 1963). Nitrification in the tested soils was completely inhibited by the nitrapyrin treatment, indicating that nitrification in the tea field soils was caused by autotrophic ammonia-oxidizing bacteria.

The optimum temperature of the nitrification activity in the tea soils ranged between 25 and 30°C (Figure 1). Nitrification was very slow at 0°C. The rate decreased rapidly beyond 30°C and nitrification ceased at 40°C. The soil samples were treated with $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ at various levels to determine the effect of the $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration on the nitrification activity. The nitrification activity increased with increasing $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration from 5 to 30 mgN/100g of soil, but no significant change occurred with further increase of the $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration from 30 to 100 mgN. The rate of nitrification decreased with the increase of the $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration from 200 to 300 mgN. The maximum acceptable concentration of $\text{NH}_4\text{-N}$ in our study was above 100 mgN/100g, a value higher than that reported in other observations (Harada and Kai 1968; Malhi and McGill 1982). These results indicate that the nitrifying bacteria in the tea field soils were tolerant to high $\text{NH}_4\text{-N}$ and salt concentrations.

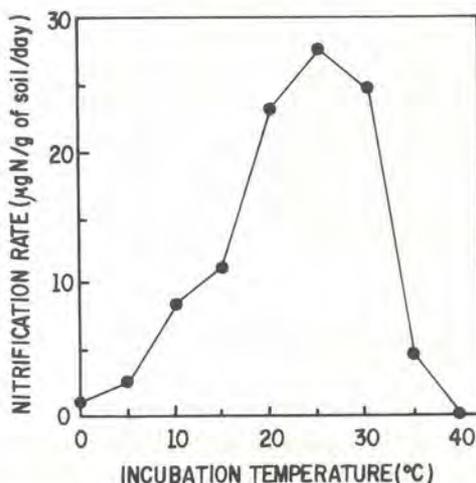


FIG. 1 - Effect of temperature on nitrification activity soil sample: Andosol, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 3.5$.

Various levels of CaCO_3 were added to the soils to study the effect of the pH on the nitrification activity in tea field soils. Ammonia oxidation was not affected by the addition of CaCO_3 , and proceeded very rapidly in all the soils regardless of the addition of CaCO_3 . It appeared that the nitrification process in tea field soils was associated with the activity of autotrophic nitrifying bacteria that had adapted to acidic conditions.

The soil incubation method was used to observe the effect of nitrification on soil acidification. After the addition of 20, 50 and 100 mg N of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /100g of soil, almost all of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ was oxidized within 25 days (Figure 2). The pH of the soil samples decreased from the initial values of 4.3 at 50 mgN and 4.2 at 100 mg to final values of 3.5 and 3.0, respectively (Table 1). These findings indicated that nitrification is a major factor for soil acidification.

TABLE 1 - Change of soil pH after the addition of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ and incubation at 25°C.

$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ Added (mgN/100g soil)	Soil pH				
	Incubation time (days)				
	0	5	11	18	26
20	4.4	4.3	4.1	4.0	3.9
50	4.3	4.2	3.8	3.5	3.5
100	4.2	4.1	3.6	3.1	3.0

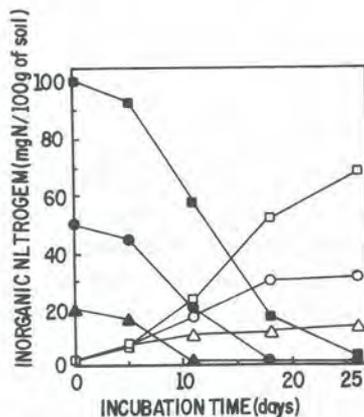


FIG 2 - Changes of inorganic N level after addition of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Δ \square : $\text{NO}_3 - \text{N}$ \bullet \blacksquare : $\text{NH}_4 - \text{N}$ Δ Δ : 20 mgN of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ / 100 g of soil
 \circ \bullet : 50 mgN of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ / 100 g of soil \square \blacksquare : 100 mgN of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ / 100 g of soil

Isolation of acidophilic ammonia-oxidizing bacteria

The most probable number technique was applied to isolate autotrophic ammonia-oxidizing bacteria as described by Schmidt and Belser (1982).

Two types of autotrophic ammonia-oxidizing bacteria were isolated from tea field soils. One of the isolates was acidophilic and the other was neutrophilic. The acidophilic ammonia-oxidizing bacteria were assigned to the *Nitrosococcus* genus based on morphological characteristics. The optimum pH for growth was around pH 5 in pure culture. Autotrophic ammonia-oxidizing bacteria have been considered to be neutrophilic and the lowest pH value compatible with growth was approximately pH 6.5 in pure culture (Watson 1974). Our results indicated that nitrification in acidic tea soils can be attributed to the activity of acidophilic ammonia-oxidizing bacteria.

Conclusion

1. The lowest value of pH for nitrification in tea field soils was approximately pH 2.9.
2. Nitrification was a major factor for the acidification of tea field soils.
3. Nitrification in the tea soils could be attributed to the activity of acidophilic ammonia-oxidizing bacteria.

References

- DANCER, W.S.; PETERSON, L.A.; CHESTERS, G. Ammonification and nitrification of N as influenced by soil pH and previous N treatment. *Soil Science Society American Proceedings*, v. 37, p.67-69, 1973.
- FOCHT, D.D.; VERSTRAETE, W. Biochemical ecology of nitrification and denitrification. *Advances Microbial Ecology*, v. 1, p.135-214, 1977.
- GILMOUR, J.T. The effect of soil properties on nitrification and nitrification inhibition. *Soil Science Society American Proceedings*, v. 48, p.1262-1266, 1984.
- HARADA, T.; KAI, H. Studies on the environmental conditions controlling nitrification in soil: 1, Effect of ammonium and total salts in media on

- the rate of nitrification. **Soil Science Plant Nutrition**, v. 14, p.20-26, 1968.
- MALHI, S.S.; MCGILL, W.B. Nitrification in three Alberta soils: Effect of temperature, moisture and substrate concentration. **Soil Biology Biochemistry**, v. 14, p.393-399, 1982.
- SCHMIDT, E.L.; BELSER, L.W. Nitrifying bacteria. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R., eds. *Methods of Soil analysis, part 2. Chemical and microbiological properties* (2nd ed). 2nd. ed. Madison: **American Society of Agronomy**, 1982. p.1027-1042.
- SHATTUK, G.E.; ALEXANDER, M. A differential inhibitor of nitrifying microorganisms. **Soil Science Society American Proceedings**, v. 27, p.600-601, 1963.
- WATSON, S.W. Gram negative chemolithotrophic bacteria. Family 1. In: BUCHANAN, R.E.; GILBBONS N.E., ed. *Bergey's Manual of determinative bacteriology* 8. ed. Baltimore: The Williams and Wilkins, 1974. p.450-456.
- WEBER, D.F.; GAINEY, P.L. Relative sensitivity of nitrifying organisms to hydrogen ions in soils and in solution. **Soil Science**, v. 94, p.138-145, 1962.
- WEIER, K.L.; GILLIAM, J.W. Effect of acidity on nitrogen mineralization and nitrification in Atlantic Coastal Plain soils. **Soil Science Society American Proceedings**, v. 50, p.1210-1214, 1986.

ESTABELECIMENTO DO MOMENTO DE IRRIGAÇÃO EM FEIJÃO E ERVILHA BASEADO EM NÍVEIS DE TENSÃO DE ÁGUA EM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DOS CERRADOS

kazuo Miyazawa¹; Sebastião Francisco Figuerêdo²;
José Roberto Rodrigues Peres³; Lucilene Maria de Andrade⁴

Optimum irrigation points based on soil water tension for dry season pulse crops cultivated on a cerrado latosol

SUMMARY - A field experiment with dry season pulse crops was initiated on a dark-red latosol (oxisol) as one of a series of irrigation studies carried out at CPAC. The test crops consisted of *Phaseolus* bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and garden pea (*Pisum sativum* L.). Six treatments of irrigation points based on the soil water tension at a depth of 10 cm were set up as follows: 0.3, 0.5, 0.7, 1, 5 and 10 atm. The volume of irrigation water had been calculated from the value of the tension to a 60 cm depth in each plot in providing enough water for the restoration of the field water capacity. The values of soil water tension were calculated from daily readings of tensiometers (0.3 - 0.7 atm) and electric resistance in gypsum blocks (1 - 10 atm). The experimental treatments were carried out in 4 replications for each crop. The plot for *Phaseolus* bean, 3.5 m x 6 m in size was irrigated with a perforated PVC tube held above the plant canopy. For garden pea, the

¹ Solos, Consultor da EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agrícola, EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

³ Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/CPAC.

⁴ Eng. - Agr., EMBRAPA/CPAC.

plot was 4 m x 4 m in size in the center of a block 16 m x 16 m in size composed of 16 microsprinklers of the Australian type. The experimental field was plowed deeply with the incorporation of maize residues from the rainy season for each dry season. The experimental results in 1988 and 1989 were as follows: The yields of bean (Carioca) were similar and very high up to the 1 atm treatment, amounting to 2.9 t/ha, and then decreased from the 5 to 10 atm treatments. The 1000 grain weight was about 250 g for normal conditions. The total amount of water applied and interval of irrigation were about 470 mm and 7 days for the 1 atm treatment, respectively. As the water uptake by the bean root system did not reach the deep horizon, the supply of water until a 40 cm depth was seemed appropriate for *Phaseolus* bean. As the temperature is the lowest in the early period of the dry season, basal application of a small amount of nitrogen is indispensable to achieve a high yield. The bean yield and the 1000 grain weight without nitrogen application (inoculation only) were 1.9 t/ha and 230 g for the 1 atm treatment (1989), respectively. A steady and high yield of garden pea was obtained, in the 5 atm treatment. Generally the growth of the garden pea plants was very vigorous under irrigation under favorable environmental conditions and the seed weight became lighter in the treatment at a level of humidity above 5 atm. To avoid rank growth, the variety locking leaves in the upper part, Kodama, was planted in 1989. The yield and 1000 seed weight were 3.4 t/ha and 169 g for Kodama in the 5 atm treatment, respectively. In this case, the total amount of water applied and interval of irrigation were about 320 mm and 12 days, respectively. As the root system of garden pea can use water in the deep subsoil, it is necessary to supply water until a 60 cm depth. The inoculation was very effective for garden pea and the amount of nitrogen uptake exceeded 140 kg/ha without nitrogen fertilizer application.

Key words: Cerrado, Oxisol, Irrigation point, *Phaseolus* bean, Garden pea, Soil water tension.

Introdução

A irrigação constitui, para a agricultura dos Cerrados, um meio imprescindível para consolidar a produção agrícola na estação seca, bem como tornar estável a produção agrícola durante a estação chuvosa.

A obtenção de água nos Cerrados é relativamente fácil, uma vez que sua topografia é suave e a quantidade de chuva na estação chuvosa é suficiente para manter os cursos d'água perenes.

A produção agrícola durante a estação chuvosa apresenta vários fatores de instabilidade, tais como o veranico, e o excesso de chuvas na colheita, originadas da distribuição desuniforme das precipitações. Na agricultura irrigada durante a estação seca esses fatores inexistem, e havendo boas condições de solo e de tratos culturais, há possibilidade de obtenção de uma alta produtividade.

De modo especial, algumas espécies como trigo, feijão e ervilha, por apresentarem respostas favoráveis de produtividade, são adequadas para o cultivo irrigado. Por exemplo, no caso do feijão de inverno, observa-se que a produção é mais elevada, registrando uma média de 1800 kg/ha, em contraposição ao feijão sem irrigação, cuja produção média é de 500 a 850 kg/ha, considerada baixa (Azevedo & Caixeta 1986).

Do ponto de vista de manejo de água em sistemas irrigados, um dos aspectos fundamentais é a definição do momento das irrigações, pois a aplicação de água no momento certo é, sem dúvida, um dos fatores mais importantes para o sucesso da agricultura irrigada. Por outro lado, uma programação racional das irrigações, ao longo do ciclo das culturas, exige a adoção de critérios para controle das irrigações dentre os quais destaca-se o de monitoramento de tensões de água no solo em virtude de estreita correlação dessa medida com os resultados de produção.

De acordo com este método é possível estabelecer os momentos das irrigações bem como fazer as medidas da quantidade de água a ser aplicada, calculando-se o déficit hídrico na camada de solo considerada para as irrigações. Segundo Azevedo et al (1981), num solo LE argiloso, a disponibilidade média de água é de 1,3 mm/cm, da qual até 65% pode ser extraída sob uma tensão inferior a 0,7 atm. Considerando um consumo médio de água nas plantas no intervalo de 4 a 6 mm/dia, com a utilização de água até 30 cm, torna-se necessária a aplicação de irrigações em intervalos inferiores a sete ou dez dias.

Nesse método, a definição do momento de irrigação é feita de modo indireto. Por isso mesmo, é necessário medir diretamente o conteúdo de água do solo, a fim de poder iniciar a irrigação no momento adequado. Estabelecer a quantidade mínima de água do solo a partir da qual a irrigação deve ser iniciada é extremamente importante para a racionalização do consumo de água.

O conteúdo de água no solo pode ser estimado por meio da tensão de água no solo, medida através de tensiômetros, quando ela atingir níveis de até 0,8 atm, ou por meio de blocos de gesso para valores superiores a 0,8 atmosferas.

Nesse caso, em termos da planta em estudo e dos estágios de seu desenvolvimento encontra-se na literatura variados valores relativos à profundidade adequada para a medição de tensão de água no solo, visando estabelecer o momento das irrigações.

Avaliar, para os cultivos de feijão e ervilha, durante a estação seca, em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso dos Cerrados, os efeitos de várias tensões de água sobre a produção e os componentes de produção, bem como estabelecer os momentos de aplicação de água que permitam o máximo de produção de grãos e de eficiência no aproveitamento da água.

Referência Bibliográfica

Trabalhos de Azevedo, J.A. et al 1983 e Azevedo, J.A. & Caixeta, T.J. 1986 mostram uma revisão de bibliografias, apontando que a produção relativa (%) das plantas cultivadas, em geral, diminui à medida que aumenta a tensão de água no solo. Por exemplo, para a cultura do feijão a produção atinge níveis de 86% da produtividade máxima com tensão em torno de 2 bar e, quando chega a tensões maiores que 4 bar, a diminuição alcança valores próximos a 50%. Azevedo et al (1983) recomenda que o momento de aplicação de água seja de 0,6 atm e sugere que a profundidade de medição da tensão seja de 15 cm para planta nova e 30 cm no caso de planta adulta.

Arruda (1987) recomenda, para a instalação de tensiômetros, a profundidade de 15 cm, em função do sistema radicular do feijão, que mede de 20 a 30 cm. De acordo com um experimento conduzido em Campinas, informa-se que se obteve a produção média mais alta com a quantidade total de água aplicada de 300 mm.

Stone et al (1986), num experimento realizado no CNPAF (s.d.), consideram que a tensão de água adequada para irrigação do feijoeiro deve estar entre 0,25 a 0,30 atm, quando ela for medida a 15 cm de profundidade, e citam ainda vários exemplos, no exterior, de casos em que se registraram quedas de produtividade quando a tensão de água no momento de irrigação é alta.

Bernardo et al (1970) realizaram um experimento com feijão em vasos com o solo de um terraço antigo, de textura franco-argilosa, e obtiveram índices de produção de 78 a 0,65 atm e de 54 a 0,75 atm, considerando como 100 a produção com a tensão de água a 10 cm igual a 0,50 atm. Informam ainda que os sintomas de deficiência hídrica na planta começaram a surgir a partir da tensão de 0,75 atm.

Magalhães et al (1978) conduziram um experimento em campo com feijão em Petrolina (PE), e apontaram que a deficiência hídrica correspondente à tensão de 0,9 bar a 30 cm, durante 11 dias, na época de floração, não resultou em diferenças estatisticamente significativas, da produção de grãos, mas com a deficiência hídrica superior a esse valor, a produção diminuiu drasticamente.

Frizzone (1987) examinou os efeitos dos volumes de água e da quantidade de nitrogênio aplicados na produção de grãos de feijão e relata que obteve a produção máxima de grãos de 2,4 t/ha com 500 mm de água e 120 kg/ha de N.

Com relação ao momento de aplicação de água na ervilha, existem muitos relatórios do exterior, sendo que no Brasil poucos trabalhos estão relatados. Silva, W.L.C.; Andreoli, C. & Fontes, R.R. (1982) conduziram experimentos com a finalidade de observar o efeito de dois regimes de umidade do solo, níveis de fósforo e potássio sobre o desenvolvimento e produtividade de duas cultivares de ervilha (*Pisum sativum* L.) submetidas a 50 e 75% de água disponível no solo. Concluiu-se que o teor de 50% de água disponível no solo propiciou aumento significativo na produtividade quando comparado com o nível de 75%. Marouelli et al (1989) revisaram os dados existentes e indicam as seguintes tensões para iniciar a irrigação como função de textura do solo: para o período inicial de crescimento, 2 bar (solo argiloso) e 1 bar (solo arenoso); e para os períodos de floração e de amadurecimento, 1 bar (solo argiloso) e 0,5 bar (solo arenoso).

Como se pode observar, de um modo geral, a definição do momento de aplicação de água baseada na tensão de água no solo apresenta ainda muitos pontos obscuros. Sob esse ponto de vista, está sendo conduzida no CPAC uma série de experimentos, com o intuito de estabelecer o momento de aplicação de água para as culturas irrigadas na época seca. Até o presente momento, foram concluídos os experimentos relativos ao trigo. O momento de aplicação de água em trigo é de 0,67 atm a 10 cm de profundidade, com uma produção de grãos de 4,9 t/ha, sem prejuízo no rendimento, possibilitando, com isso, a aplicação de um volume total de água de 596 mm (Guerra, A.F. & Silva, E.M. da, 1987).

No que se refere ao estabelecimento do momento de aplicação de água em feijão e ervilha, os experimentos ainda estão em fase de execução, mas resultados parciais já foram obtidos e, em decorrência do término de permanência no Brasil do consultor Dr. MIYAZAWA, um dos autores do presente relatório, publica-se este trabalho. Ainda que seja um relato parcial, espera-se servir de referência aos estudiosos do ramo.

Hipóteses

Na condução de experimentos para estabelecer o momento de irrigação relativos à cultura irrigada na época seca, é preciso, em primeiro lugar, saber em que profundidade se fará a medição da tensão de água no solo. Deve-se instalar o tensiômetro em camada onde se encontra o maior volume de raízes, portanto na camada Ap, mas mesmo dentro da camada Ap, a distribuição de água varia. Azevedo et al (EMBRAPA/CPAC, 1981) apontaram que, em todos os solos experimentados, a condutividade hidráulica (cm/h) diminuiu rapidamente com a diminuição do conteúdo de água. Sendo assim, à medida que as raízes absorvem a água, a condutividade hidráulica se reduz mais drasticamente na camada superficial e a distribuição de água na camada Ap torna-se variável. Portanto, a medição da tensão de água para fins de estabelecimento do momento de irrigação terá de ser feita num local da camada Ap, onde esteja concentrado o volume maior de raízes. A julgar pelos estudos feitos sobre a distribuição das raízes, presume-se que as raízes sejam mais abundantes nos locais mais próximos da superfície durante todo o ciclo da planta, assim como a evapotranspiração de água também seja mais intensa na camada superficial.

Sendo assim, pode-se estabelecer as seguintes hipóteses:

- 1) O crescimento e a produção das culturas de ervilha e feijão irrigadas durante a estação seca responde bem às variações da tensão de água no solo;
- 2) As variações da tensão de água no solo são maiores nas camadas próximas à superfície durante todo o período de crescimento da planta, de modo que, para se medir a tensão de água no solo a fim de estabelecer o momento de irrigação, a profundidade de medição deveria ser de 10 cm;
- 3) Uma vez que o sistema radicular da planta absorve água até 60 cm de profundidade no caso da ervilha e 40 cm para o feijão, a quantidade de água a ser aplicada deve levar em consideração a variação do conteúdo de água do solo até essas profundidades;
- 4) As plantas experimentadas podem aproveitar a água do solo até 1 atm de tensão sem afetar significativamente a produção.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), em Latossolo Vermelho-Escuro, de textura argilosa. O experimento de campo com a ervilha foi realizado numa área de cerca de 1 ha, com 5 anos de uso desde a abertura. É pequeno o acúmulo de nutrientes nesta área e existe pouca compactação por tratores. O campo experimental de feijão tem 10 anos de uso desde a abertura, de modo que o acúmulo de nutrientes é grande, e existe compactação por tratores na camada próxima à superfície.

Os efeitos da tensão de água no solo sobre feijão e ervilha no momento das irrigações foram avaliados nos 6 níveis, de 0,33; 0,5; 0,7; 1,0; 5 e 10 atm, utilizando-se o delineamento experimental de blocos casualizados com 4 (quatro) repetições.

Tensiômetros e blocos de gesso foram instalados nos locais nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 e 100 cm. A tensão de água no solo, na profundidade de 10 cm foi usada para indicar o momento das irrigações.

A quantidade de água aplicada em cada irrigação foi calculada considerando-se a variação de umidade no solo até a profundidade de 60 cm para a cultura da ervilha e de 40 cm para a cultura de feijão.

Para o feijão, as irrigações foram feitas através de mangueiras conectadas a tubos de PVC perfurados, simulando-se uma chuva, em parcelas de 21 metros quadrados (6 x 3,5 m). A quantidade de água aplicada foi medida por meio de hidrômetro, com precisão de 1 (um) litro.

Para ervilha, as irrigações foram feitas através de micro-aspersão com aspersores do tipo australiano espaçados de 4 m x 4 m. A área irrigada em cada tratamento foi de 16 m x 16 m, utilizando-se tubos de PVC rígido. A medição das tensões de água no solo, a amostragem das plantas e avaliação da produção foram realizadas na área de 4 m x 4 m, considerada como parcela útil. A quantidade de água aplicada foi estabelecida a partir do déficit hídrico calculado das leituras dos tensiômetros até 60 cm de profundidade, procurando elevar a umidade de cada intervalo de profundidade à capacidade de campo. Com a taxa de aplicação determinada previamente estabelecia-se o tempo de aplicação de água para a lâmina calculada.

1) Preparo da Área Experimental

Em janeiro de 1988, o local onde se instalou o experimento de feijão era área descoberta, enquanto que a área destinada para a ervilha havia sido plantada com milho. Como se pode ver na Tabela 1, ambas as áreas experimentais apresentavam uma densidade global extremamente alta, podendo reconhecer, claramente, uma camada compactada com pouca capacidade de aeração. Medindo-se a permeabilidade saturada da amostra colhida em anéis de 100 cm³, nota-se que ela diminui acentuadamente quando a densidade global ultrapassa 1,2 g/cm³ (Figura 1).

TABELA 1 - Densidade real e global e distribuição das fases líquida, sólida e gasosa em 3 profundidades do solo (LE) na área experimental. - Campo experimental de irrigação, CPAC - Data: 13, 21/01/88.

Cultura	Camada de solo	Profundidade cm	Densidade g/cm ³		Fases atuais %		
			Real	Global	Sólido	Líquido	Gasoso
Feijão	Ap	0-16	2.69	1.07	39.8	32.5	27.7
	A	16-33	2.68	1.30	48.5	36.5	15.0
	B	33-	2.78	1.11	39.8	32.0	28.2
Ervilha	Ap	0-16	2.78	1.30	47.4	25.6	27.0
	A	16-33	2.73	1.25	46.0	31.3	22.7
	B	33-	2.78	1.18	42.4	27.8	29.8

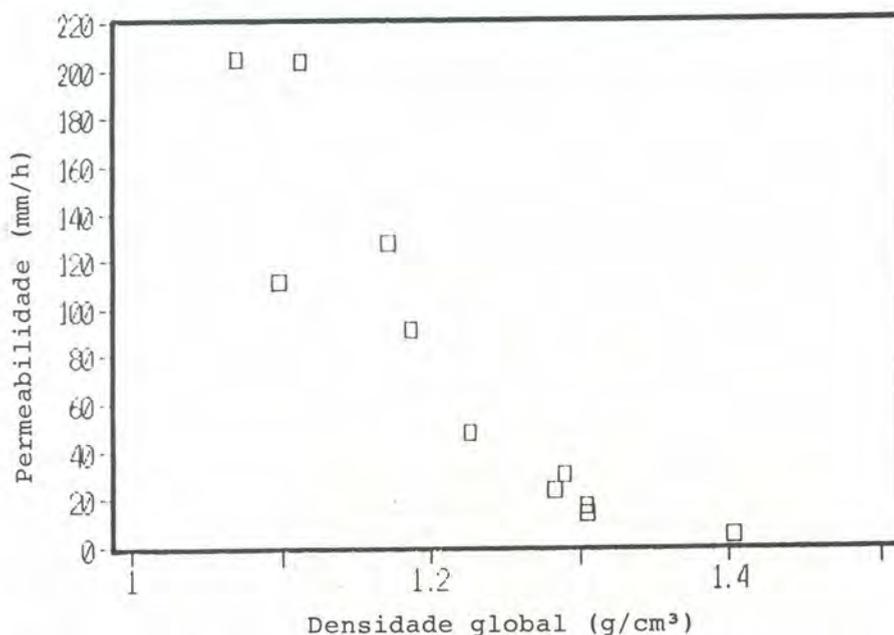


FIG. 1 - Densidade global e permeabilidade do solo do campo experimental de irrigação, CPAC.

A fim de eliminar essa camada compactada, no caso do campo de ervilha, fez-se uma aração profunda de 30 cm com arado de aiveca, incorporando ao mesmo tempo os restos culturais do milho. Por outro lado, com relação ao campo de feijão, uma vez que ele estava descoberto, realizou-se uma subsolagem com escarificador, numa profundidade de 50 cm. A Figura 2 apresenta os valores de resistência à penetração conforme a profundidade, de cada um dos experimentos, obtidos em 1988 e na época imediatamente após o início dos experimentos em 1989. Os efeitos da aração profunda de 30 cm, que inclui a incorporação dos restos culturais de milho, são extremamente positivos, enquanto que no campo de ervilha a camada compactada desapareceu. Por outro lado, os efeitos da subsolagem por escarificador feito no campo de feijão não são relevantes, de modo que em 1988 ainda continuava a haver uma camada com alta resistência à penetração nas profundidades de 20 a 30 cm. Por conseguinte, na estação chuvosa de 1988/89, cultivou-se o milho na área do feijão e da ervilha e seus restos culturais foram incorporados com arado de aiveca na profundidade de 30 cm, antes da instalação do experimento. Como se pode observar, em 1989 não há mais camada compactada até a profundidade de 40 cm (Figura 2).

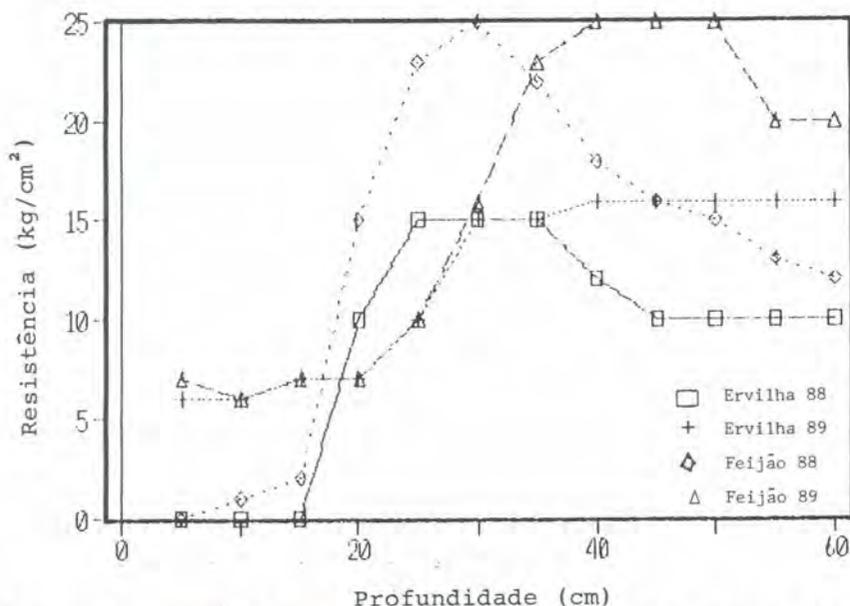


FIG. 2 - Resistência à penetração em diferentes profundidades do solo do campo experimental do CPAC.

Em 1989, fez-se a análise granulométrica e da densidade global das amostras coletadas após a colheita de feijão e ervilha (Tabela 2). Segundo a Tabela 2, as condições físicas do solo melhoraram com o tratamento anual de aração, não havendo camadas especificamente compactadas, com a densidade global de 1,10 g/cm³ na profundidade até 30 cm abaixo da superfície, e 1,15 g/cm³ a partir de 40 cm. No caso do feijoeiro, no entanto, referindo-se apenas ao ano de 1989, a densidade global é em torno de 1,15 g/cm³, mesmo a 30 cm da superfície.

TABELA 2 - Análises físicas do solo, após colheita de feijão e ervilha 89, CPAC. - Data: 27/09/89.

Cultura tratamento bloco	Profundidade (cm)	Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa	Classificação textural	Densidade global (g/cm ³)
Feijão	0-15	51	8	27	14	argiloso	1.11
0.5 atm	15-30	49	9	29	13	argiloso	1.12
4 bloco	30-45	50	9	30	11	argiloso	1.11
Feijão	0-15	51	8	27	14	argiloso	1.10
10 atm	15-30	50	9	28	13	argiloso	1.10
2 bloco	30-45	52	9	27	12	argiloso	1.15
Ervilha	0-15	52	7	28	13	argiloso	1.08
1 atm	15-30	50	10	26	14	argiloso	1.09
1 bloco	30-45	52	9	27	12	argiloso	1.17
Ervilha	0-15	56	10	21	13	argiloso	1.12
5 atm	15-30	57	10	20	13	argiloso	1.12
4 bloco	30-45	57	10	21	12	argiloso	1.19

2) Cálculo do conteúdo de água no solo a partir de leituras de tensão

Na condução de experimentos de campo, o cálculo da umidade do solo foi feito através da equação de regressão, como tem sido feito no CPAC.

$$\theta = 26,509 - 3,479 \ln \psi \dots\dots\dots (1)$$

$$\theta = 28,718 - 0,667 \ln \omega \dots\dots\dots (2)$$

onde:

θ é o conteúdo de água do solo (% em volume);

ψ é o potencial matricial da água no solo calculado através da leitura de tensiômetro (atm); e

ω é a resistência elétrica do bloco de gesso (K-ohm).

A Figura 3 mostra a relação entre o conteúdo e a tensão de água no solo medida através de uma centrífuga, referente às amostras colhidas em cada camada dos experimentos de ervilha e feijão, em anéis volumétricos de 100 cm³, antes da instalação do experimento em 1988. O método de medição seguiu aquele preconizado por Freitas Junior et al (1987). Como já foi visto, os valores da densidade global diferem nos experimentos de feijão e ervilha, sendo que o de feijão mostra, em todas as camadas, uma distribuição semelhante aos valores médios de ervilha medidos em camadas inferiores a 40 cm. No presente momento, ao se procurar a equação de regressão a partir dos valores em profundidades maiores que 40 cm no campo de ervilha, obtém-se:

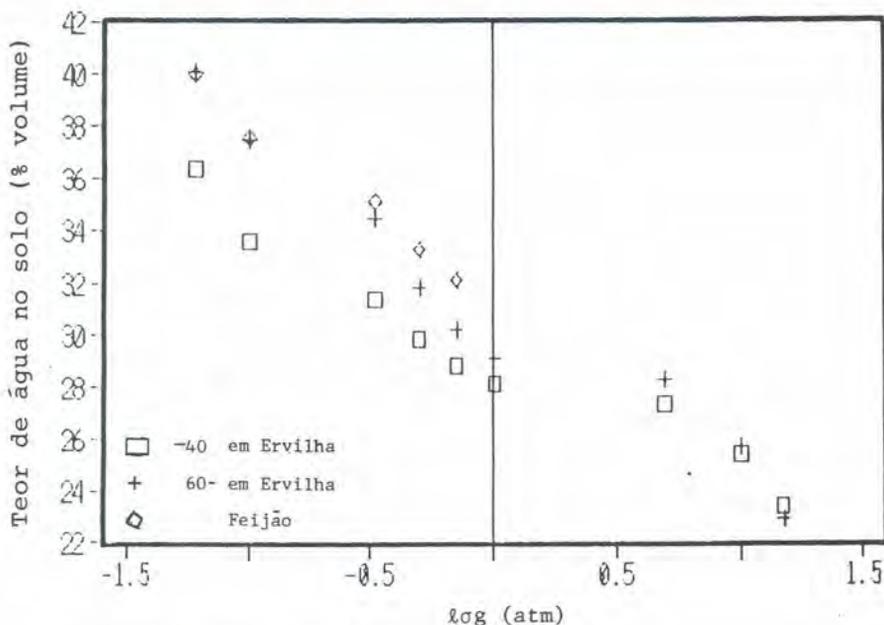


FIG. 3 - Relação entre teor e tensão de água no solo determinado pelo método da centrífuga.

$$\theta = 27,9 - 6,6 \log \psi \dots\dots\dots (3)$$

$$\theta = 28,6 - 3,6 \log \psi \dots\dots\dots (4)$$

equações essas que relacionam o conteúdo volumétrico de água no solo (%) correspondentes à tensão de água no solo inferior a 1 atm, equação (3) e à tensão acima de 1 atm, equação (4). Ao transformar as equações anteriores (1) e (2) em logaritmos naturais e fazer uma estimativa de atm baseada em K-ohm, obtém-se:

$$\theta = 26,509 - 8,0 \log \psi \dots\dots\dots (1)'$$

$$\theta = 28,718 - 3,1 \log \psi \dots\dots\dots (2)'$$

que se assemelham muito às equações (3) e (4).

Para o cálculo do conteúdo de água do solo nos experimentos, foram utilizadas as equações de regressão (1) e (2), obtidas no laboratório, ao mesmo tempo que se procederam as pesquisas de campo sobre a relação entre a tensão e conteúdo de água do solo, através de medidas numa área de 4m x 4m, onde, após uma boa irrigação, pesquisou-se a relação entre a tensão de água e o teor de água do solo, durante o processo de secamento dessa área. Além disso, quando cada tratamento em campo alcançou o momento necessário de irrigação, foram coletadas amostras de cada camada, medindo-se o teor de água do solo, a fim de examinar a sua relação com a tensão de água no solo. Para coleta de amostras do solo, foi utilizado um trado de 105 cm de comprimento, com anéis de 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura.

A relação entre a tensão e o teor de água do solo não é a relação com o conteúdo de água (% peso) retirado do solo amostrado, mas sim a relação com a água existente na parte onde se mediu concretamente a tensão, de modo que o conteúdo de água do solo é corretamente indicado em relação a volume nessa determinada parte. Conforme anteriormente comentado, observou-se uma diferença de densidade global do solo entre a camada superficial e a inferior, mas a relação com a tensão de água foi obtida independentemente da diferença de densidade entre as camadas superficial e a inferior, calculando o teor de água (% volume) a partir do conteúdo de água (% peso) medido na amostra.

As Figuras 4 e 5 mostram, respectivamente, a relação entre tensão e teor de água no solo (% volume) e entre resistência elétrica (K-ohm) e o teor de água (% volume) nos experimentos. Os pontos nas figuras representam as médias dos valores relativos às tensões idênticas. A partir desses valores pode-se obter as seguintes equações de regressão:

$$\theta = 25,06 - 5,52 \log \psi \dots\dots\dots(5)$$

$$\theta = 30,76 - 4,1 \log \omega \dots\dots\dots(6)$$

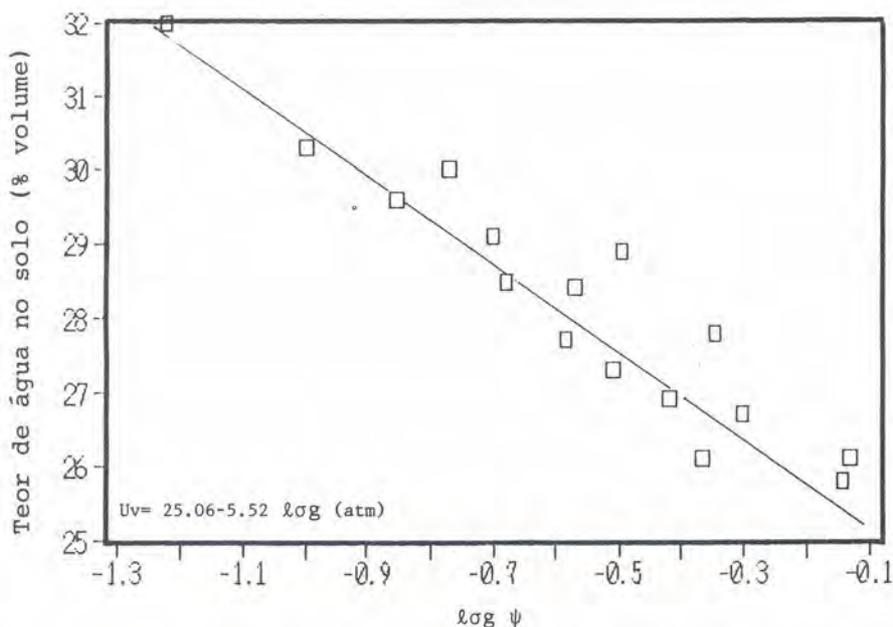


FIG. 4 - Relação entre teor e tensão de água no solo, determinado em condições de campo, (LE argiloso)/CPAC.

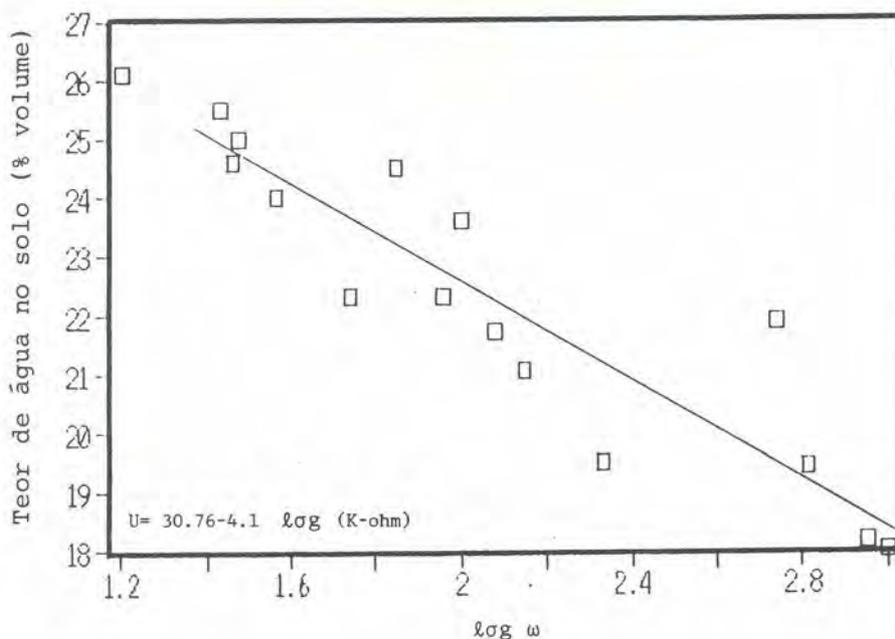


FIG. 5 - Relação entre teor de água no solo e resistência elétrica no campo experimental do CPAC.

A equação (5) é a relação entre a tensão em atm calculada com base nas leituras de tensiômetros instalados no campo e o conteúdo de água do solo (% volume). A equação (6) indica a relação entre a resistência (K-ohm) do bloco de gesso medida no campo e o teor de água do solo (% volume). Supondo-se que a resistência elétrica de 1 atm seja de 10 K-ohm, pode-se fazer a estimativa da relação entre a tensão de água, superior a 1 atm e o teor de água do solo, da seguinte maneira:

$$\theta = 26,7 - 8,2 \log \psi \dots\dots\dots(7)$$

onde:

θ = conteúdo de água do solo (% volume)

ψ = potencial matricial para valores maiores que 1 atm

Utilizando-se as equações (5) e (7) para obter a curva da relação entre a tensão e o teor de água no solo obtém-se a linha cheia que se vê na Figura 6. A linha pontilhada da mesma Figura 6 foi obtida no laboratório, por meio da equação de regressão de laboratório.

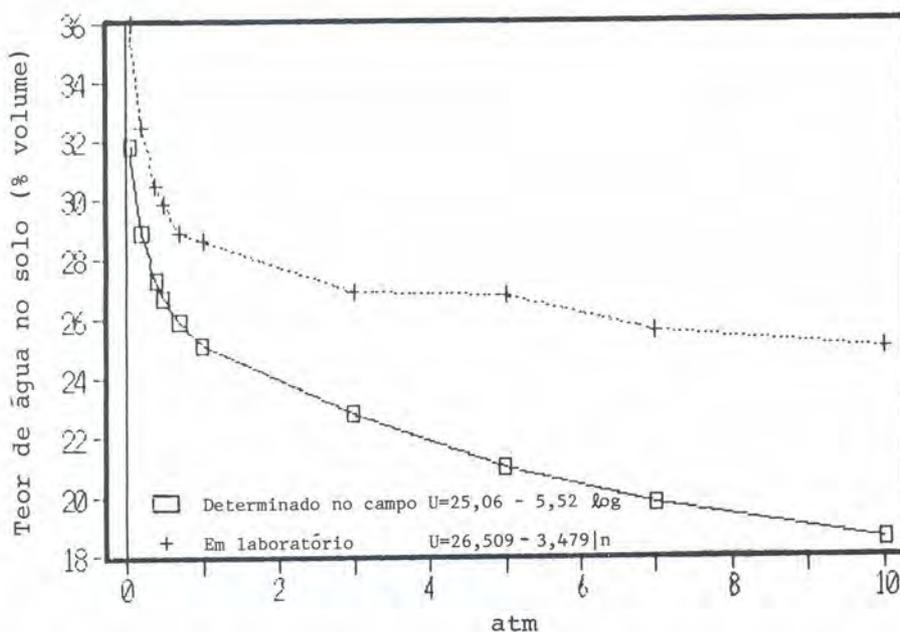


FIG. 6 - Curva de retenção de água do solo no campo experimental de irrigação, determinada no campo e laboratório. CPAC.

Nota-se que existem diferenças apreciáveis de conteúdo de água do solo, em relação à tensão entre as curvas de laboratório e de campo, sendo que essas diferenças são maiores a altas tensões. Não há problema em utilizar ambas as curvas para o cálculo da lâmina de irrigação uma vez que os cálculos das quantidades de água a serem aplicadas são equivalentes e que o importante é o estabelecimento do momento de irrigação.

Feijão: Safra de 88 e 89

Segundo Doorenbos et al (1979), o feijão tem um ciclo de 90 a 100 dias, com um requerimento hídrico de 300 a 500 mm. Para o experimento, utilizou-se a variedade Carioca. Segundo Sartorato et al (1982), a variedade Carioca é do tipo comum, com o ciclo de 90 a 100 dias. Em termos reais, o ciclo em 1988 foi de 98 dias e em 1989 foi de 103 dias. A densidade de plantio foi de 200.000 plantas/ha, em sulcos espaçados em 0,5 m, com 10 plantas por metro linear. Cada parcela mediu $3,5\text{m} \times 6\text{m} = 21\text{m}^2$. Aplicou-se em 1988, antes da semeadura, 130 kg de P_2O_5 (Termofosfato de Yoorin) e 108 kg de K_2O (Clorato de Potássio) por hectare e, em 1989, 100 kg de P_2O_5 (Termofosfato de Yoorin) e 100 kg de K_2O (Clorato de Potássio) por hectare. Quanto ao N, em 1988 foram aplicados, respectivamente, na época de floração e formação de grãos, 20 kg/ha e 40 kg/ha de N, sob a forma de uréia.

Em 1989 não houve aplicação inicial de N, para poder observar os efeitos da inoculação, tendo havido aplicação de 40 kg/ha de N sob a forma de uréia, apenas na época de formação de grãos.

1) Rendimento e componentes de produção de Feijão

A Tabela 3 apresenta os resultados de rendimento e seus componentes. Em ambas as safras, verifica-se um comportamento semelhante dos efeitos dos tratamentos de tensão sobre o rendimento. Os dados revelam que nos tratamentos de tensões até 1 atm não se verifica diferenças na produção estatisticamente significativas. Para as tensões maiores que 1 atm, iguais a 5 e 10 atm registra-se produtividades de aproximadamente 25% menores que nos tratamentos mais úmidos para os dados de 1988. Em 1989 a queda de produtividade devido a aplicação de maiores tensões (5 e 10 atm) chega a 30 a 40%.

TABELA 3 - Rendimento e componentes de produção de feijão (variedade Carioca) como função de diferentes tensões de água no solo aplicadas durante todo o ciclo, em 2 anos agrícolas, CPAC.

Ano safra	Tratamento atm	Rendimento de grãos kg/ha	Peso de palha	Altura da planta cm	Número de vagens por planta	Número de grãos por vagem	Peso de 100 grãos g
88	0.33	2946 a	2206	44.6	9.4	5.8	24.9
	0.5	2973 a	2375	41.7	11.0	5.7	24.4
	0.7	2776 a	1970	49.9	9.5	5.5	24.1
	1.0	2866 a	2250	47.0	11.2	5.5	24.5
	5.0	2171 b	1466	35.3	8.3	5.5	24.8
	10.0	2152 b	1440	38.4	7.4	5.4	25.1
89	0.33	1839 a	1761	49.4	7.3	5.3	24.0
	0.5	1738 a	1784	44.9	8.3	5.4	21.9
	0.7	1940 a	1813	44.7	8.4	5.0	22.5
	1.0	1919 a	1853	43.7	8.0	5.0	23.0
	5.0	1105 b	1195	36.1	6.9	4.5	19.9
	10.0	1310 b	1477	36.5	6.7	4.8	21.9
* Ano de safra:				88		89	
CV (%):				9.2		16.3	
F				9.98**		6.83**	
DMS		0.05:	365			409	
(kg/ha)		0.01:	505			570	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

Dos componentes de produção, o número de vagens por planta foi o mais afetado pelos maiores valores de tensão. A altura de plantas dos tratamentos mais úmidos foi reduzida em média 20% quando se aplicaram tensões maiores, iguais a 5 e 10 atm.

Nota-se, de um modo geral, que a produção de 1988 é superior em 61% à de 1989. Pode-se explicar essa nítida diferença, comparando-se os valores dos componentes de produção, como número de vagens por planta e peso de 100 grãos, que foram maiores em 1988.

2) Concentração de nutrientes

A análise do conteúdo de nutrientes da folha no início da floração revela que o seu conteúdo em 1988 é menor, em comparação com o de 1989. É provável que isso decorra do crescimento inicial intenso observado em 1988,

razão pela qual houve diminuição na concentração de nutrientes da folha (Tabela 4).

TABELA 4 - Conteúdo de macro nutrientes na folha de feijão no início da floração. Feijão, safra 88 e 89, CPAC - Data amostragem: 20/07/88, 18/07/89.

Ano de safra	Tratamento atm	% de matéria seca				
		N	P	K	Ca	Mg
88	0.33	2.44	0.18	1.49	2.91	0.33
	0.5	2.71	0.19	1.41	2.58	0.30
	0.7	2.32	0.17	1.30	2.68	0.31
	1.0	2.43	0.18	1.29	2.51	0.33
	5.0	2.67	0.18	1.56	2.43	0.29
	10.0	2.32	0.17	1.41	2.20	0.24
89	0.33	2.98	0.25	1.53	3.18	0.47
	0.5	2.92	0.25	1.42	3.04	0.43
	0.7	2.91	0.26	1.53	3.18	0.43
	1.0	3.06	0.26	1.54	3.28	0.46
	5.0	3.07	0.27	1.53	3.46	0.44
	10.0	2.93	0.25	1.45	3.00	0.39

Os tratamentos de tensão de água no solo não afetaram os níveis de nutrientes nas folhas.

Ao comparar as quantidades de nutrientes absorvidos no tratamento de 1 atm, nota-se que a absorção de N e de K_2O é bem maior em 88 do que em 89 (Tabela 5).

TABELA 5 - Quantidade de nutrientes no grão e palha do feijão no tratamento de 1 atmosfera, CPAC.

Ano de safra	Parte da planta	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
88	Grão	72.9	20.9	44.2	10.5	10.3
	Palha	15.2	2.7	49.2	59.1	13.8
	Total	88.1	23.5	93.4	69.6	24.1
89	Grão	62.1	18.5	32.8	7.0	6.9
	Palha	15.9	3.9	26.6	54.0	11.9
	Total	78.0	22.3	59.4	61.0	18.7

A Tabela 6 apresenta as variações de conteúdos dos nutrientes do solo, antes de iniciar o experimento, e após a colheita de feijão em 89. A camada Ap é rica em matéria orgânica e cátions trocáveis quanto o conteúdo de P são altos, levando-se em consideração os níveis encontrados nos solos dos Cerrados (Goedert et al 1986; Souza, D.M.G. de, et al 1986; Vilela et al 1986). Após a colheita, os conteúdos de Mg, K e P são altos até 30 cm de profundidade, ao passo que os conteúdos de matéria orgânica e de Ca para o tratamento de 10 atm estão relativamente baixos. Isso decorre da aração profunda feita com o arado de aiveca e da não aplicação de calcário por dois anos, de modo que no futuro se recomenda que se plante milho na época das chuvas, para posterior incorporação de seus restos culturais, e que haja aplicações regulares de calcário. Isso, no entanto, não pode constituir a causa primordial da baixa produtividade de 89, em comparação com a de 88.

TABELA 6 - Conteúdo de nutrientes do solo antes do plantio e após a colheita de feijão, 89 - Data amostragem: 22/01/88, 13/09/89.

Tratamento - bloco - camada	Profundidade cm	Matéria orgânica %	pH H ₂ O	Cations trocáveis				P Mehlich ppm
				Ca*	Mg*	K**	Al	
.....meg/100 ml.....								
Antes do plantio								
Ap	0-16	2.71	5.5	3.98	0.48	0.23	0.00	18.4
A	16-33	2.07	5.7	3.60	0.50	0.15	0.00	3.5
B	33	1.63	5.7	1.80	0.50	0.05	0.06	0.7
Após colheita								
0.5-4-1	0-15	2.21	5.6	3.12	0.56	0.21	0.10	27.7
0.5-4-2	15-30	2.21	5.5	3.12	0.66	0.32	0.06	33.0
0.5-4-3	30-	1.91	5.5	2.31	0.38	0.16	0.06	3.9
10-2-1	0-15	1.86	5.4	2.41	0.51	0.19	0.18	14.4
10-2-2	15-30	1.86	5.0	2.48	0.54	0.17	0.25	14.1
10-2-3	30-	1.57	5.6	2.78	0.48	0.26	0.12	21.8

* EDTA para solo antes do plantio e absorção atômica após colheita

** Mehlich

A Tabela 7 apresenta as médias mensais de parâmetros meteorológicos da época seca de 88 e 89. Não se pode observar tampouco nessa tabela, se as condições meteorológicas de 89 foram pior que as de 1988.

TABELA 7 - Médias mensais dos dados meteorológicos nos meses de 88 e 89, CPAC. - Lat.: 15°35'30", Long.: 47°42'30", Alt.: 1007m.

Ano e mês	Temperatura do ar °C	Umid. relativa %	Precipitação pluviométrica* mm	Evap. classe "A" mm/dia	Radiação solar cal/cm ² /dia	Temperatura do solo °C			
						2	5	10	20
cm									
1988									
5	21.4	70	7.8	4.96	330	22.9	22.4	22.4	23.4
6	19.0	64	0.0	5.47	323	19.6	19.5	19.6	20.8
7	18.5	55	0.0	6.79	349	19.5	19.3	19.3	20.4
8	20.1	49	0.0	8.40	477	21.7	21.1	21.0	22.2
9	22.9	49	1.5	9.45	502	26.0	25.1	24.6	25.8
1989									
5	20.9	63	0.0	5.86	457	22.1	21.5	21.3	22.4
6	20.7	64	11.7	5.13	417	21.6	20.8	20.6	21.7
7	19.8	58	8.3	6.84	472	19.7	19.4	19.6	21.0
8	21.7	60	36.1	6.38	440	21.5	21.1	21.2	22.4
9	23.5	59	59.2	6.89	451	21.7	22.9	22.8	24.0

* Total

Na safra 89, a aplicação de N Starter foi omitida, com o intuito de averiguar os efeitos da inoculação. A safra 88 não apresentou boa formação de nódulos, enquanto que em 1989 a nodulação foi extremamente boa, uma vez que nesse ano foi feita uma aração profunda, o que melhorou a permeabilidade que, por sua vez, manteve as condições aeróbicas da camada superficial do solo. Apesar disso, no entanto, o rendimento de grãos foi relativamente baixo, provavelmente por causa do atraso no crescimento inicial, devido à omissão do N Starter.

3) Quantidade de água aplicada no feijão e movimento de água do solo após irrigação

A Tabela 8 apresenta a quantidade de água aplicada nas safras de 88 e 89. A quantidade de água aplicada a 1 atm durante todo o ciclo é de aproximadamente 450 mm e quando essa quantidade é inferior a 400 mm, observa-se uma queda de produção. Para o mesmo tratamento de 1 atm, o intervalo de irrigação para a safra de 88 foi de seis a sete dias durante todo o período de crescimento. Para a safra de 89, no mês de julho, que é a época de maior crescimento, o intervalo é de sete a oito dias, e em agosto, época de amadurecimento, a irrigação é feita em intervalos de dez dias. Supõe-se que essa

diferença de intervalos surgiu em função da camada de solo que ficou fina, porque na safra de 88 não houve aração profunda, tendo utilizado apenas o escarificador, o que possivelmente tornou mais curto o intervalo de irrigação (Tabela 8).

TABELA 8 - Quantidade de água aplicada (mm) e intervalo médio de irrigação (dias) - Feijão, safra 88, 89, CPAC - Variedade: carioca - Ciclo vegetativo: 98 dias(88), 103 dias(89).

Safra	Parâmetros	Tratamentos (atm)					
		0.33	0.5	0.7	1	5	10
88	Água total (mm)	623	571	561	466	361	324
	Intervalo de irrigação	3-4	4-5	5-6	6-7	10	14
	(dias)	agosto	4	4	5	6-7	10
89	Água total (mm)	574	526	446	487	319	329
	Intervalo de irrigação	4	5	6-7	7-8	14	14
	(dias)	agosto	4-5	5-6	6-7	10	14

A Figura 7 apresenta as mudanças do conteúdo de água no solo em função do tempo e da profundidade, no tratamento de 1 atm, no período de floração, entre 19 de julho e 24 de julho de 1988. Após a irrigação feita no dia 18 de julho, o teor de água do solo diminui gradativamente. Depois de seis dias atinge um valor próximo de 25%, que corresponde a 1 atm na camada de 10 cm. A água de irrigação quase não infiltrou mais do que 30 cm de profundidade, enquanto o sistema radicular do feijão absorve a água principalmente na camada até 20 cm.

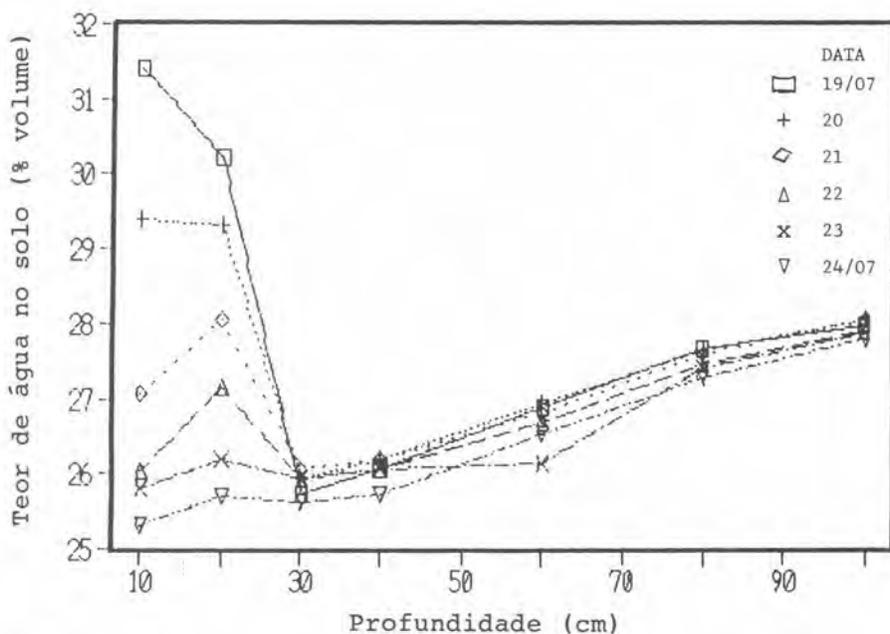


FIG. 7 - Variação de teor de água no solo em função do tempo após irrigação no tratamento de 1 atm. Julho, feijão 88, CPAC.

A Figura 7.1 apresenta as mudanças no teor de água do solo, no tratamento a 1 atm, no período de floração em 1989, entre 17 de julho e 24 de julho. A água aplicada alcança a camada de 30 cm de profundidade, mas não infiltra mais do que 40 cm, indicando que nesse solo ainda existe uma camada compactada. O sistema radicular absorve a água na camada de até 30 cm de profundidade, de modo que no dia 23 de julho a água diminui até 23%, que corresponde a 3 atm, a 10 cm de profundidade, enquanto que na camada de 20 cm ainda se mantém 26% de água, correspondente a 0,7 atm.

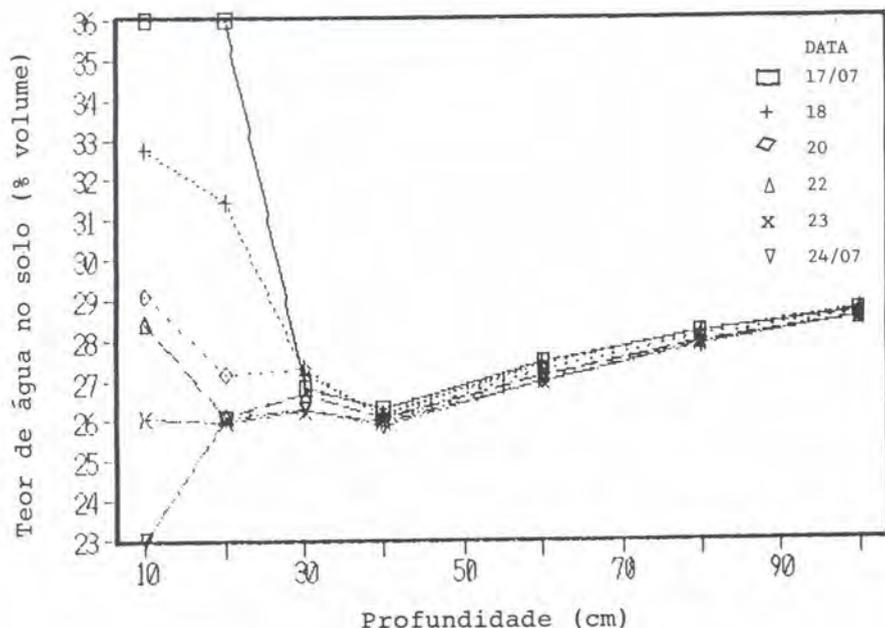


FIG 7.1 - Variação do teor de água no solo após irrigação, no tratamento de 1 atm. Julho, feijão 89, CPAC.

A Figura 7.2 apresenta as variações do teor de água no tratamento de 5 atm, na época da floração entre 8 e 19 de julho de 1989. Nesse tratamento, uma vez que o conteúdo de água diminui na profundidade de 20 cm, a permeabilidade decresce, e a água aplicada não alcança mais que 20 cm. No dia 19 de julho a umidade chega a 22%, que corresponde a 5 atm, a 10 cm de profundidade, enquanto que a camada de 20 cm está mais úmida, alcançando o conteúdo de água que corresponde a 1 atm.

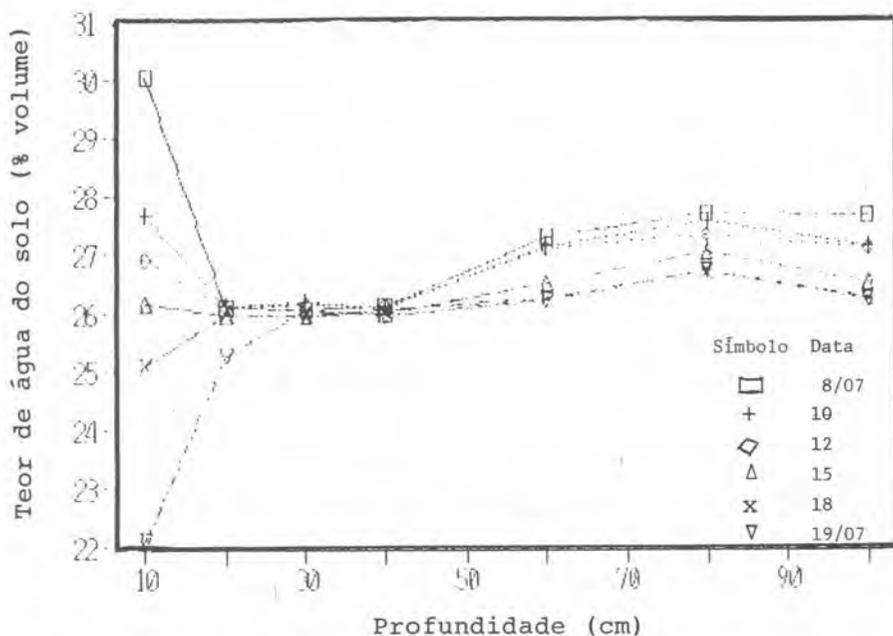


FIG. 7.2 - Variação do teor de água do solo após irrigação, no tratamento de 5 atm. Julho, feijão 89, CPAC.

Reunindo todos esses dados, pode-se observar que o sistema radicular do feijão absorve a umidade principalmente na profundidade entre 20 e 30 cm e que a mudança do teor de água é mais acentuada na camada de 10 cm, donde se pode concluir que o local ideal para a medição de tensão de água no solo para o estabelecimento do momento de irrigação é nessa camada de 10 cm de profundidade, onde de um modo geral, a tensão de água no solo, atinge 1 atm um dia após o tensiômetro instalado a 10 cm marcar 0,7 atm, de modo que a aplicação de água pode ser iniciada um dia após o tensiômetro parar de marcar variação.

Ervilha: Safras de 87, 88 e 89

Segundo Doorenbos et al (1979), a ervilha, para efeito de colheita de grãos, tem um ciclo normal de crescimento de 85 a 120 dias, cuja necessidade hídrica é de 350 a 500 mm.

O experimento para a determinação do momento de irrigação da ervilha foi iniciado em 1987, em campo com parcelas de 3m x 6m, com irrigação por meio de tubos perfurados. Nos anos seguintes, 88 e 89, o experimento foi conduzido com micro-aspersão conforme metodologia original.

Foi escolhida a variedade Triofin para os anos 87 e 88, e em 89 foi utilizada a variedade Flávia.

As sementes, após serem inoculadas, foram plantadas através de semeadora manual, com espaçamento de 0,2 m.

A área experimental, por ter poucos anos de uso, tinha pouco acúmulo de fosfatos, de modo que foram aplicados a lanço no ano agrícola de 1988, 200 kg/ha de P_2O_5 , 108 kg/ha de K_2O , bem como 110 kg/ha de MgO, respectivamente sob a forma de Superfosfato, Cloreto de Potássio e Termofosfato de Yoorin. Após a incorporação com grade niveladora procedeu-se a abertura dos sulcos. No ano seguinte, aplicou-se as quantidades de 100 kg/ha de P_2O_5 , 100 kg/ha de K_2O e 45 kg/ha de MgO, sob a mesma forma anterior. Com relação ao N, não houve aplicação de fertilizantes, tendo havido apenas inoculação.

Em todos os anos foram incorporados resíduos culturais, de milho bem triturados, a uma profundidade de 30 cm, por meio de arado de aiveca.

1) Rendimento e componentes de produção de ervilhas

A Tabela 9 mostra o rendimento e os componentes de produção dos três anos em questão. Com relação ao rendimento de grãos, nota-se que em 1987 não foi possível observar diferenças significativas entre os tratamentos, em virtude da dispersão dos resultados das produtividades dos tratamentos. O rendimento tende a ser maior no tratamento de 5 atm. Em 88, pode-se notar, claramente, que o tratamento de 5 atm proporciona maior rendimento, com a diferença significativa, de precisão de 5%, em relação aos tratamentos de 0,5 atm e 0,33 atm.

TABELA 9 - Valores médios de rendimento e de componentes da produção de ervilhas (Triofin e Flávia) em função de níveis de tensão de água no solo. Variedade: Triofin (87,88), Flávia (89).

Ano de safra	Tratamento tensão atm	Rendimento de grão kg/ha	Peso de palha	Altura da planta cm	Número de vagem por planta	Número de grãos por vagem	Peso de 100 grãos g	Número de plantas/m ²
87	0.33	2540 a	3636	95	8.8	2.9	16.4	125
	0.5	2456 a	3022	95	7.0	3.0	16.5	109
	0.7	2642 a	3574	95	8.0	2.5	16.6	99
	1.0	2826 a	4446	98	8.7	2.6	17.6	91
	5.0	3008 b	2746	58	5.7	3.9	17.0	103
	10.0	2322 c	2190	41	4.5	3.5	17.3	92
88	0.33	2956 c	4198	123	10.1	3.7	13.0	90
	0.5	3084 c	3954	124	9.9	3.1	13.0	96
	0.7	3935 ab	3936	111	10.4	3.1	14.8	110
	1.0	3488 abc	4239	125	8.5	3.5	13.8	119
	5.0	4244 ab	3995	104	8.9	2.8	15.8	102
	10.0	3780 abc	3497	102	8.4	3.1	14.8	106
89	0.33	4077 a	3991	94	12.2	3.8	15.2	78
	0.5	3791 ab	3373	94	10.7	4.1	15.5	88
	0.7	3871 ab	3085	87	11.3	3.9	15.8	79
	1.0	3657 ab	3114	82	11.2	4.1	16.1	76
	5.0	3417 b	2802	82	12.4	3.9	16.9	78
	10.0	1882 c	1710	55	6.8	4.0	16.7	91
* Ano de safra			87	88	89			
CV (%)			12.5	14.6	9.9			
F			2.30	3.68*	22.01**			
DMS		0.05:	-	796	516			
(kg/ha)		0.01:	-	-	709			

Segundo Giordano et al (1984), a cultivar Triofin é uma das mais produtivas, possuindo boa resistência ao oídio. Entretanto, esta cultivar possui grãos um pouco grandes para o mercado de ervilha para reidratação (18 g/100 grãos). O peso de 100 grãos no ano 88 foi baixo para a variedade Triofin. Ainda para o tratamento de 5 atm que houve uma tendência geral de adensamento das folhas com o desenvolvimento vegetativo excessivo, de modo que, no ano agrícola 1989, a fim de evitar esses problemas foi usada a variedade Flávia, que tem gavinhas em vez de folhas na parte superior da planta, com boa imunidade (Giordano et al 1988).

O número de plantas por metro quadrado também foi reduzido de 120 para 80 plantas/m², de modo que não se observou tendência para o adensa-

mento de folhagem. Nesse ano houve diferença significativa, com precisão de 1%, entre os tratamentos abaixo de 5 atm e 10 atm. Dentre os tratamentos abaixo de 5 atm, o tratamento de 0,33 atm foi bom, com uma diferença significativa de 5% de precisão, em comparação com o de 5 atm, mas entre o tratamento de 0,5 atm e 5 atm, não houve diferença significativa. Com relação ao peso de 100 grãos, o maior peso obteve-se no tratamento de 5 atm e nos tratamentos abaixo de 0,7 atm os pesos de 100 grãos são reduzidos, enquanto que a altura da planta é grande, com certa tendência para o crescimento improdutivo da planta.

2) Concentração de nutrientes da ervilha

A Tabela 10 apresenta os valores obtidos na análise da planta colhida na época da floração. Em termos de conteúdo dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg, todos os valores se enquadram dentro do Quadro de Concentrações Normais de Valores Críticos de Nutrientes na Folha de Ervilha (Magalhães, J.R. & Giordano, L.B. 1989). Não existem diferenças entre os tratamentos feitos nos anos agrícolas de 88 e 89 nem entre os tratamentos do ano 88, porém, nota-se que as quantidades de N, P e K são baixas, donde se supõe que tenha havido estresse por causa da deficiência hídrica.

TABELA 10 - Conteúdo de nutrientes em folhas de ervilha no início da floração como função da tensão de água no solo. - Ervilha, safra 88 e 89, CPAC - Data amostragem: 26/07/88, 8/08/89.

Ano de safra	Tratamento atm	N	P	K	Ca	Mg
		(%)				
88	0.33	3.73	0.27	3.45	1.32	0.41
	0.5	4.23	0.27	3.48	1.52	0.43
	0.7	3.90	0.26	3.22	1.42	0.44
	1.0	4.19	0.26	3.01	1.64	0.44
	5.0	3.86	0.22	2.69	1.56	0.43
	10.0	3.84	0.23	2.62	1.57	0.43
89	0.33	3.89	0.25	3.25	1.38	0.35
	0.5	3.95	0.29	3.16	1.42	0.39
	0.7	3.82	0.24	2.86	1.50	0.41
	1.0	3.50	0.23	2.76	1.35	0.37
	5.0	3.77	0.23	2.99	1.38	0.38
	10.0	3.36	0.19	2.26	1.52	0.40

A Tabela 11 apresenta a quantidade total de nutrientes absorvidos até a época da colheita. Os efeitos da inoculação de sementes são grandes, uma vez que a absorção total de N chega a ser de 140 kg/ha (1989), superando a quantidade máxima de fixação de N indicada por Peres et al (1989). A absorção de K também foi grande, chegando a superar a quantidade aplicada, donde se conclui que a incorporação dos resíduos de milho é imprescindível.

TABELA 11 - Quantidade de nutrientes no grão e palha da ervilha no tratamento de 5 atm. - Safra 88 e 89, CPAC - Data coleta: 19/09/88, 11/09/89.

Ano de safra	Parte	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
..... kg/ha						
88	Grão	142.7	26.2	41.8	8.5	10.4
	Palha	66.1	9.8	112.5	111.4	31.6
	Total	208.8	36.0	154.3	119.9	42.0
89	Grão	119.7	26.1	38.0	1.7	6.5
	Palha	20.7	2.7	56.7	64.3	12.8
	Total	140.4	28.7	94.7	66.0	19.4

A Tabela 12 apresenta os valores obtidos na análise de nutrientes do solo, antes de se iniciar o experimento e após a colheita da safra 89. O solo inicialmente apresenta um valor de K ligeiramente maior que o valor crítico de K de 0,13 meq/100ml (Vilela et al 1986), e o valor de P menor que o valor crítico de 9 ppm (Goedert, W.J. et al 1986), mas depois da colheita da ervilha de 1989, esses valores melhoraram em toda a camada, de 0 a 30 cm de profundidade, aumentando para os valores superiores aos críticos. Entretanto, o Ca foi absorvido intensamente ao longo dos dois anos, tornando-se inferior ao nível de 2 t/ha de calcário já aplicado (Sousa, D.M.G. de, et al 1986), donde surge a necessidade de aplicação anual de 2 t/ha de calcário. Com relação à matéria orgânica, existe um bom equilíbrio mantido graças à incorporação dos resíduos culturais de milho, não se registrando a tendência para diminuição.

TABELA 12 - Conteúdo de nutrientes antes do plantio e após colheita da ervilha em 89, CPAC. - Data: 22/01/88, 13/09/89.

Tratamento - bloco -camada	Profundidade cm	Matéria orgânica (%)	Ph H ₂ O	Cátions trocáveis				P Mehlich ppm
				Ca*	Mg*	K**	Al	
meq/100 ml								
Antes do plantio								
Ap	0-16	2.17	5.8	3.72	0.60	0.18	0.00	8.1
A	16-33	2.32	5.8	4.24	0.66	0.04	0.00	5.4
B	33-	1.53	5.5	1.42	0.42	0.02	0.44	0.9
Após colheita								
1 -1-1	0-15	2.45	5.5	1.81	1.18	0.24	0.13	11.1
1 -1-2	15-30	2.45	5.6	1.75	0.97	0.19	0.20	9.9
1 -1-3	30-	1.77	5.4	0.91	0.60	0.07	0.37	1.6
5 -4-1	0-15	2.26	5.7	2.20	1.05	0.18	0.14	10.6
5 -4-2	15-30	2.06	5.5	2.46	1.15	0.37	0.07	18.7
5 -4-3	30-	1.28	5.5	1.05	0.43	0.12	0.36	1.9

* EDTA para solo antes do plantio e absorção atômica após colheita

** Mehlich

3) Quantidade de água aplicada na ervilha e movimento de água do solo após irrigação

A Tabela 13 mostra a quantidade de água aplicada nos anos 87, 88 e 89, bem como os intervalos de irrigação nos meses de julho e agosto dos mesmos anos. Em 87 e 88, houve tendência de adensamento da folhagem, conseqüentemente a quantidade de água aplicada foi maior que em 89. Em 89 adotou-se a variedade Flávia a qual permite maior penetração de luz. Foi diminuído o número de plantas por área, (de 120 pl/m² para 80 pl/m²) de modo que a eficiência do consumo de água foi aumentada, podendo manter o máximo de rendimento com a irrigação aproximada de 320 mm a 5 atm (Tabelas 9 e 13). No entanto, quando a quantidade de água aplicada foi de 223 mm (10 atm) apenas, a produção diminuiu bastante, em cerca de 50%, em relação aos tratamentos mais úmidos.

TABELA 13 - Quantidade de água aplicada (mm) e intervalo médio de irrigação (dias). - Ervilha, safra 87, 88 e 89, CPAC. - Variedade: Trioфин (87,88), Flávia (89) - Ciclo vegetativo: 112 dias (88), 98 dias (89).

Safra	Parâmetro	Tratamento (atm)					
		0.33	0.5	0.7	1	5	10
87	Água total (mm)	687	779	610	707	454	363
	Intervalo de irrigação (dias)	3-4	3-4	4-5	5-6	10	12
		3	3-4	3-4	4-5	6-7	10
88	Água total (mm)	469	557	541	454	426	382
	Intervalo de irrigação (dias)	5	5	5	8	10	12
		4	4	6	7-8	8-9	14
89	Água total (mm)	427	384	348	354	324	223
	Intervalo de irrigação (dias)	6	7	8	10	12	15
		5	7	9	10	12	15

A Figura 8 apresenta a variação do conteúdo de água no solo, de acordo com a profundidade e tempo para o tratamento de 5 atm, na época da floração de 1989, entre 2 e 14 de agosto. Após a aplicação de 49,6 mm de água, no dia 1º de agosto, o teor de água do solo diminuiu gradativamente em toda a camada, registrando, a 10 cm de profundidade, 0,7 atm no oitavo dia, e 1 atm de tensão no décimo dia. No décimo segundo dia ela alcança 21%, que corresponde a tensão de água de 5 atm. As raízes da ervilha são longas, de modo que podem absorver água até em profundidades maiores que 60 cm.

Reunindo todos esses dados, pode-se dizer que o momento de irrigação da ervilha com a máxima eficiência de utilização de água de irrigação situa-se a tensões próximas de 5 atm controlada na profundidade de 10 cm e, com um intervalo de irrigação de aproximadamente dez dias. A quantidade total de água aplicada se situa em torno de 320 mm. Em termos práticos, a aplicação de água pode ser iniciada três ou quatro dias depois que se tornar impossível usar o tensiômetro instalado a 50 cm de profundidade, fazendo-se então o cálculo da lâmina com os dados de conteúdos de água médios até 60 cm da superfície do solo.

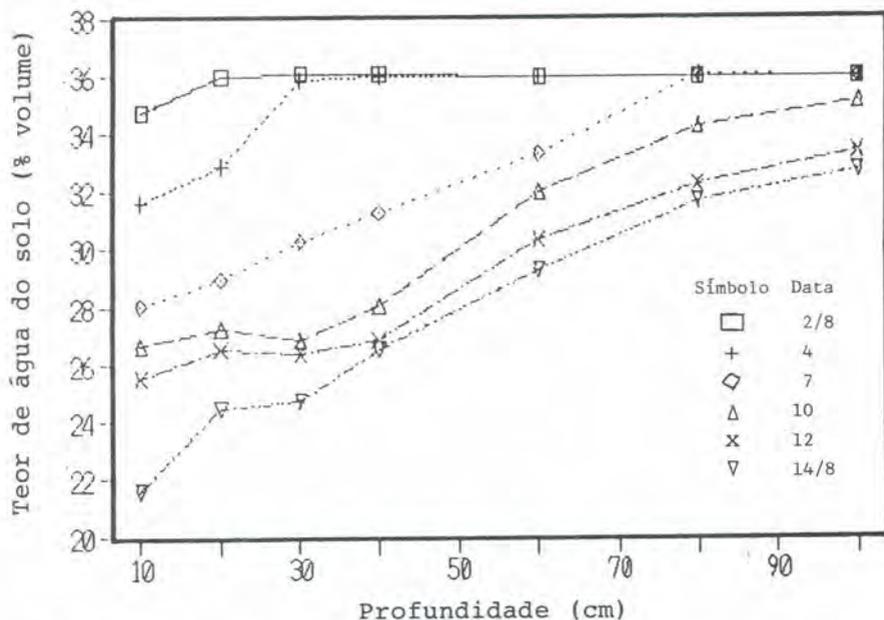


FIG. 8 - Variação do conteúdo de água em função do tempo e profundidade do solo após irrigação a 5 atm. Agosto, ervilha 89, CPAC.

Considerações

Levando-se em consideração todos os dados até aqui levantados nos experimentos que concernem ao estabelecimento do momento de irrigação em feijão e ervilha, podemos tirar as seguintes conclusões:

1) Preparo do solo

Uma vez que o cultivo de plantas sob irrigação é a forma mais intensiva, que proporciona maior produção, é preciso estabelecer um sistema adequado de rotação de culturas, introduzindo o cultivo de milho, durante a estação chuvosa, seguido pela incorporação de seus resíduos culturais e pela aração profunda do solo.

2) Cultivo irrigado do feijão durante a estação seca

- (1) O momento de irrigação mais indicado para maiores produções é de 1 atm, controlada a 10 cm de profundidade;
- (2) A quantidade de água a ser aplicada deve levar em consideração o conteúdo de água no solo até 40 cm da superfície. Nos melhores tratamentos de tensão o total de água aplicada no ciclo, esteve entre 400 e 500 mm.
- (3) Para o cultivo de feijão, é preciso, além da inoculação, aplicar um pouco de N, na adubação básica, ou logo após a emergência, a fim de estimular o crescimento inicial.

3) Cultivo da ervilha na época seca

- (1) Recomenda-se a adoção de variedades que não tenham folhas na parte superior, com boa possibilidade de penetração da luz solar, tais como Kodama, Flávia, etc.;
- (2) A densidade no plantio deve ser de 80 a 90 plantas/m²;
- (3) Não há necessidade de aplicação de N, uma vez que a fixação de N por meio da inoculação é satisfatória;
- (4) O momento de irrigação deve ser quando a tensão a 10 cm de profundidade atingir valores próximos a 5 atm;
- (5) A quantidade de água aplicada, no melhor tratamento de tensão, situou-se entre 350 e 450 mm, devendo-se considerar a profundidade de solo até 60 cm para os cálculos desse parâmetro.

Agradecimentos

Na condução da presente pesquisa, contou-se com o constante aconselhamento de muitos colegas, dentre os quais se destacam, na área de Solo e Água, o ex-coordenador Dr. Leo Nobre de Miranda e o pesquisador da área de Drenagem Dr. Jorge César dos Anjos Antonini, aos quais apresentamos nossos melhores agradecimentos. No cultivo da ervilha, contou-se com o apoio dos colegas pesquisadores do CNPH, Dr. Leonardo de B. Giordano, Dr. Waldir A. Marouelli e do Dr. Yoshihiko Horino, aos quais agradecemos. Os experimentos de campo no CPAC foram conduzidos pelos Técnicos Agrícolas Sr. Edimar A. Santos, Sr. Lúcio Feitosa e pelo Sr. José Antônio da

Silva. As análises foram realizadas pelos membros das equipes dos Laboratórios de Física do Solo, Química do Solo, bem como do Laboratório de Análise das Plantas. A todos aqueles que assim cooperaram na consecução do presente trabalho registramos os nossos agradecimentos.

Referências Bibliográficas

- ARRUDA, F.B. Uso da água na produção agrícola. In SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA. Campinas: s.ed.,1987. p.177-199.
- AZEVEDO, J.A. de; FREIRE, J.C.; SILVA, E.M. da. Características físico-hídricas importantes para a irrigação de solos representativos de cerrados. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11 Brasília, 1981. *Anais Brasília*, 1983. p.843- 844, v. 2.
- AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M; RESENDE, M.; GUERRA, A.F. **Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o cerrado.** Planaltina: PROFIR/EMBRAPA.-CPAC, 1986. 52p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 16)
- AZEVEDO, J.A. de; CAIXETA, T.J. **Irrigação do feijoeiro.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1986. 60p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 23)
- BERNARDO, S.; GALVÃO, J.D.; GUERINI, H.; CARVALHO, J.B. Efeito de níveis de água no solo sobre a produção do feijoeiro. *Seiva, Viçosa*, v.30, n. 71, p.7-13, 1970.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water.** Rome: FAO 1979, 193p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Características físico-hídricas de solos dos cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1979-80** Planaltina, 1981. p.67-72.
- FREITAS JUNIOR, E.; SILVA, E.M. da. Caracterização, modificações sob cultivo e variabilidade espacial das propriedades físicas dos solos dos cerrados. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982- 85** Planaltina, 1987. p.206-208.

- FRIZZONE, J.A. Funções de resposta do feijoeiro ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação. In SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA. Campinas, p.123-133, 1987.
- GIORDANO, L.B. et al **Cultivo da ervilha**. Brasília: EMBRAPA-CNPB, 1984. p.3. (EMBRAPA-CNPB. Instruções 1).
- GIORDANO, L.B.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; NASCIMENTO, W.M. **ERVILHA-Novas cultivares para produção de grãos secos**. Brasília: EMBRAPA-CNPB/SPSB, 1988.
- GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W.J. **Solos dos Cerrados**. São Paulo: NOBEL/EMBRAPA-CPAC, 1986. p.159.
- GUERRA, A.F.; SILVA, E.M. da. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o desenvolvimento e produção de trigo em solos dos cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Planaltina, DF **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-85** Planaltina, 1987. p.221-223.
- MAGALHÃES, A.A.; MILLAR, A.A. Efeito do deficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.13, n.2, p55-60, 1978.
- MAGALHÃES, A.A.; GIORDANO, L.B. Nutrição mineral da ervilha. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.?, n.?, p.9-16, 1989
- MAROUELLI, W.A.; OLIVEIRA, C.A.S. Irrigação da ervilha: Ervilha: Integração Pesquisa Iniciativa Privada. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.?, n.?, p.32-37, 1989.
- PERES, J.R.R.; SUHET, A.R.; VARGAS, M.A.T. Fixação de nitrogênio atmosférico pela ervilha em solos de cerrados: Ervilha: integração pesquisa iniciativa privada. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.?, n.?, p.16-19, 1989.
- SARTORATO, A. et al **Recomendações técnicas para a cultura de feijão com irrigação suplementar**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP. 1982. 7p. (EMBRAPA.- CNPAF, Circular Técnica, 16).
- SILVA, W.L.C.; ANDREOLI, C.; FONTES, R.R. Efeito de dois regimes de umidade do solo, níveis de fósforo e potássio sobre o desenvolvimento e produtividade de duas cultivares de ervilha (*Pisum sativum* L.). **Científica** v.10, n.1, p.73-78, 1982.
- SOUSA, D.M.G. de; CARVALHO, L.J.C.B.; MIRANDA, L.N. Correção da acidez do solo. In: **Solos dos Cerrados**. São Paulo: NOBEL/

- EMBRAPA-CPAC, 1986. p.99-127.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. **Irrigação do feijoeiro**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, p.16-17, 1986 (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica, 20).
- VILELA, L.; SILVA, J.E. da; RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G. de. Potássio. In: **Solos dos Cerrados**. São Paulo: NOBEL/EMBRAPA-CPAC 1986. p.203-222.

Complementação - Conteúdo de água do solo

TABELA 14 - Conteúdo de água do solo (volume %). - 1 atm, feijão 88, CPAC.

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)							Água aplicada (mm)
		10	20	30	40	60	80	100	
5	20	Depois do plantio							20.0
5	28	Depois da germinação							20.0
6	1	30.3	30.0	29.1	28.8	28.8	28.9	28.9	
6	2	28.8	29.5	29.1	28.9	28.8	28.8	28.8	
6	3	28.3	29.3	29.0	28.9	28.8	28.8	28.8	
6	4	27.3	29.5	29.0	29.4	28.8	28.8	28.8	
6	4	Depois da adubação com nitrogênio							10.0
6	5	28.7	29.3	29.0	29.0	28.8	28.8	28.9	
6	6	28.2	29.1	28.9	28.8	28.7	28.7	28.8	
6	7	27.5	28.4	28.7	28.7	28.8	28.8	28.8	
6	8	26.9	28.1	28.1	28.7	28.7	28.8	28.8	
6	9	26.4	0.0	28.6	29.6	28.6	28.7	28.7	
6	10	26.1	28.3	28.6	28.6	28.8	28.8	28.8	
6	11	26.0	28.6	28.4	28.6	28.7	28.7	28.8	
6	12	25.8	28.1	28.2	28.5	28.6	28.8	28.8	
6	13	25.7	27.9	28.1	28.4	28.6	28.7	28.7	
6	14	25.7	27.8	28.1	28.4	28.6	29.1	28.6	
6	15	25.7	27.5	28.3	28.2	28.5	28.6	8.6	35.8
6	16	31.8	30.7	29.7	28.2	28.6	28.7	28.8	
6	17	31.1	28.8	29.9	28.1	28.5	28.6	28.5	
6	18	29.3	29.1	30.2	28.1	28.5	28.7	28.7	
6	19	28.2	29.0	29.1	28.1	28.5	28.6	28.7	
6	20	27.8	28.8	29.8	28.1	28.4	28.4	28.5	
6	21	26.9	28.7	30.5	28.1	28.5	28.6	28.5	
6	22	26.6	28.3	30.9	28.1	28.5	28.6	28.6	
6	23	26.2	28.1	30.9	28.0	28.5	28.6	28.6	
6	24	26.0	27.9	29.3	28.0	28.5	28.6	28.6	
6	25	25.9	27.5	27.7	27.9	28.5	28.7	28.6	
6	26	25.3	27.2	27.6	27.9	28.5	28.7	28.7	24.2
6	27	32.0	31.4	31.2	28.8	28.4	28.5	28.5	
6	28	29.8	30.3	29.4	27.8	28.4	28.6	28.7	
6	29	28.7	29.7	29.7	30.6	30.0	30.2	30.3	
7	2	26.1	27.9	28.0	28.0	28.4	28.6	28.6	
7	3	25.9	27.2	27.5	27.8	28.3	28.6	28.6	
7	4	25.3	26.6	27.0	27.6	28.2	28.6	28.5	41.3
7	5	32.4	29.6	27.8	27.4	28.1	28.4	28.5	
7	6	30.2	30.2	27.9	28.1	28.1	28.4	28.5	
7	7	28.9	29.5	28.0	28.5	28.1	28.4	28.5	
7	8	27.3	28.4	28.0	28.5	28.0	28.4	28.5	
7	9	26.2	27.5	27.9	28.3	28.0	28.4	28.5	
7	10	25.6	27.7	27.8	28.0	27.9	28.2	28.4	
7	11	24.7	25.7	26.8	27.7	27.9	28.3	28.5	44.4
7	12	32.7	30.0	26.8	27.3	27.8	28.1	28.3	
7	13	29.6	29.9	26.9	27.8	27.7	28.1	28.3	
7	14	27.7	28.8	27.0	28.0	27.6	28.1	28.3	
7	15	26.7	28.0	27.0	27.9	27.5	28.0	28.2	

Continuação Tabela 14

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)						Água aplicada (mm)	
		10	20	30	40	60	80		100
7	16	25.9	27.2	26.7	27.6	27.5	27.9	28.1	
7	17	25.8	26.5	26.2	27.3	27.3	27.9	28.2	
7	18	24.8	25.8	25.8	26.9	27.2	27.8	28.1	48.7
7	19	31.4	30.2	25.7	26.1	26.9	27.7	28.0	
7	20	29.4	29.3	25.9	26.2	26.9	27.6	28.1	
7	21	27.1	28.0	26.1	26.2	26.8	27.6	28.0	
7	22	26.0	27.1	25.9	26.1	26.7	27.5	27.9	
7	23	25.8	26.2	25.9	26.1	26.1	27.4	27.9	
7	24	25.3	25.7	25.6	25.7	26.5	27.3	27.8	50.7
7	25	32.0	28.7	25.3	25.6	26.3	27.0	27.7	
7	26	31.6	30.6	25.7	25.7	26.3	26.9	27.6	
7	27	29.2	28.9	25.7	25.6	26.2	26.8	27.6	
7	28	27.1	27.8	25.9	25.7	26.3	26.7	27.5	
7	29	26.0	26.8	25.7	25.6	26.1	26.6	27.5	
7	30	25.8	26.2	25.6	25.4	25.8	26.5	27.3	
7	31	24.8	25.6	25.1	25.1	25.6	26.4	27.1	52.4
8	1	32.4	32.3	26.0	25.1	25.6	26.3	27.9	
8	2	30.5	30.4	26.7	25.1	25.3	26.1	27.6	
8	3	29.0	29.3	27.0	25.2	25.2	26.1	27.5	
8	4	27.2	28.1	26.8	25.3	25.3	26.1	27.4	
8	5	26.3	27.1	26.3	25.4	25.3	26.5	27.4	
8	6	25.6	26.4	25.7	25.3	25.3	26.5	27.3	
8	7	24.7	25.6	25.4	25.0	24.9	26.2	26.7	52.7
8	8	32.5	33.1	31.4	24.9	24.8	25.7	26.6	
8	9	30.7	30.8	31.1	25.6	24.9	25.7	26.5	
8	10	29.3	29.9	29.6	25.8	25.2	25.7	26.5	
8	11	27.9	28.7	28.9	25.8	24.9	25.7	26.1	
8	12	26.5	27.6	28.5	25.8	25.0	25.7	26.2	
8	13	25.3	26.9	27.4	25.6	24.8	25.6	25.9	50.5
8	14	32.1	31.6	31.4	25.3	24.8	25.5	25.7	
8	15	31.0	30.9	30.7	25.9	24.9	25.6	25.9	
8	16	29.8	30.1	30.0	29.9	24.9	25.6	25.9	
8	17	28.6	29.4	29.6	29.4	25.0	25.6	26.1	
8	18	27.3	28.6	29.2	29.0	25.0	25.6	25.9	
8	19	26.5	27.7	28.7	28.5	25.0	25.6	25.9	
8	20	25.8	26.9	28.2	28.0	25.3	25.7	26.1	
8	21	24.7	26.6	26.4	26.2	25.2	25.7	26.1	
8	22	23.7	25.8	26.1	25.8	25.0	25.6	26.1	
8	23	22.7	25.0	25.8	25.4	24.8	25.6	26.1	
8	24	21.8	24.7	25.6	25.2	24.8	25.5	26.1	
8	25	21.2	24.3	25.3	25.0	24.7	25.4	25.0	
8	26	20.5	24.0	25.0	24.9	24.6	25.3	25.9	
8	27	19.8	23.7	24.8	24.7	24.5	25.3	25.7	15.3
Total									466.0

TABELA 14.1 - Conteúdo de água do solo (volume %). - 1 atm, feijão 89, CPAC.

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)						Água aplicada (mm)
		10	20	30	40	60	80	
5	18	Depois do plantio						20.0
5	19	Depois do plantio						20.0
5	29	Depois da germinação						30.0
6	4	33.1	31.8	30.8	26.7	25.6	25.8	25.8
6	5	32.2	33.9	33.5	26.2	24.4	25.7	25.4
6	6	31.3	32.0	32.3	27.3	25.0	26.2	25.8
6	7	30.5	30.8	31.3	28.0	25.3	26.3	26.1
6	8	29.4	30.1	30.9	28.5	25.6	26.8	26.5
6	9	28.7	29.4	30.5	29.0	25.9	27.0	26.8
6	10	28.1	28.7	30.0	29.3	26.2	27.2	27.0
6	11	27.4	28.2	29.7	29.7	26.3	27.4	27.1
6	12	27.1	27.6	29.4	29.5	26.8	27.4	27.3
6	13	26.8	27.8	29.0	29.3	27.1	27.4	27.3
6	14	26.8	27.1	29.1	29.2	27.0	27.4	27.5
6	15	27.4	26.8	28.8	29.1	27.2	27.6	27.8
6	16	25.6	26.7	29.0	28.8	27.3	27.9	27.9
							44.7	
6	17	34.9	35.1	33.7	31.6	29.2	28.9	28.6
6	18	33.4	33.9	32.7	30.2	29.1	28.9	28.6
6	19	31.3	31.8	32.0	30.7	29.5	28.9	28.7
6	20	30.3	30.5	31.1	30.5	29.6	29.0	28.6
6	21	29.7	29.7	30.6	30.4	29.7	29.1	28.7
6	22	29.3	28.9	30.3	30.0	29.6	29.2	28.9
6	23	28.6	28.1	29.7	29.8	29.6	29.2	28.9
6	24	27.9	27.3	29.3	29.5	29.5	29.3	29.1
6	25	28.4	26.8	28.9	29.3	29.3	29.2	28.8
6	26	27.8	26.5	28.7	29.1	29.3	29.3	29.0
6	27	28.7	26.3	28.7	28.9	29.2	29.2	29.0
6	28	28.4	26.6	28.5	28.6	29.0	29.1	29.0
6	29	27.7	26.2	27.5	28.5	28.9	29.1	28.9
6	30	25.7	26.2	27.1	28.3	28.9	29.0	28.9
							45.1	
7	1	36.0	36.0	27.4	28.1	28.7	28.9	28.8
7	2	32.1	31.0	28.0	28.0	28.7	28.9	29.0
7	3	30.4	29.1	28.2	27.8	28.5	28.9	28.9
7	4	28.8	27.4	27.7	27.8	28.5	28.9	29.0
7	5	27.7	26.7	27.5	27.0	28.4	28.8	28.9
7	6	26.7	26.3	27.4	27.5	28.3	28.7	28.9
7	7	26.2	26.0	26.8	27.2	28.1	28.8	29.0
7	8	23.9	26.0	26.7	27.0	28.1	28.6	28.9
							48.3	
7	9	36.0	36.0	27.2	26.9	28.1	27.6	28.9
7	10	32.7	32.3	28.6	26.8	28.0	28.5	28.9
7	11	31.4	29.7	28.8	26.8	27.9	28.5	28.8
7	12	30.3	28.0	28.5	26.7	27.9	28.5	28.8
7	13	29.7	27.1	27.9	26.7	27.9	28.5	28.9
7	14	27.7	26.4	27.4	26.5	27.8	28.5	28.9
7	15	27.1	26.3	27.2	26.6	27.8	28.5	28.9
7	16	25.0	26.0	26.4	26.6	27.6	28.3	28.8
							47.5	

Continuação Tabela 14.1

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)						Água aplicada (mm)	
		10	20	30	40	60	80		100
7	17	36.0	36.0	26.8	26.3	27.4	28.2	28.6	
7	18	32.7	31.4	27.2	26.2	27.4	28.2	28.7	
7	19	31.0	29.0	27.5	26.1	27.3	28.1	28.6	
7	20	29.1	27.2	27.3	26.1	27.3	28.1	28.6	
7	21	28.3	26.5	27.0	26.0	27.2	28.0	28.6	
7	22	28.4	26.1	26.7	26.1	27.1	28.0	28.5	
7	23	26.1	26.0	26.3	26.0	27.0	27.9	28.5	
7	24	23.0	26.1	26.3	25.9	27.0	27.8	28.5	50.7
7	25	36.0	35.5	26.4	25.7	26.9	27.7	28.5	
7	26	31.2	30.1	26.8	25.9	26.9	27.7	28.5	
7	27	30.0	27.3	26.8	25.9	26.8	27.6	28.4	
7	28	27.7	26.2	26.4	25.7	26.7	27.5	28.3	
7	29	26.3	26.0	26.2	25.3	26.6	27.4	28.2	
7	30	51.6	51.7	26.0	24.4	26.5	27.3	28.1	50.7
7	31	36.0	36.0	28.8	23.6	26.5	28.1	29.5	8.3
8	1	36.0	33.9	29.3	25.8	26.2	27.0	28.1	
8	2	36.1	33.0	30.0	26.1	26.1	27.0	28.0	
8	3	33.3	31.0	29.4	25.7	26.1	27.0	28.0	
8	4	33.6	29.7	28.9	26.2	26.2	27.0	28.0	
8	5	36.1	28.6	28.4	26.2	26.2	27.0	28.0	
8	6	30.8	27.1	27.3	26.0	26.2	26.9	27.9	
8	7	27.7	26.6	27.1	26.2	26.2	26.9	28.0	1.5
8	8	26.7	26.4	26.7	26.1	26.2	26.9	27.9	
8	9	26.2	26.3	26.5	26.1	26.1	26.2	27.9	
8	10	24.1	25.7	26.4	26.1	25.9	26.1	27.8	51.1
8	11	36.0	36.0	26.7	26.1	25.8	25.9	27.7	
8	12	36.0	33.9	30.4	26.1	25.8	25.9	27.8	
8	13	36.1	31.3	29.6	26.0	25.8	25.9	27.7	
8	14	32.7	29.9	28.9	26.0	25.9	26.1	27.7	
8	15	38.3	29.0	28.6	26.0	25.8	25.9	27.6	
8	16	34.2	28.6	28.3	26.2	25.8	26.1	27.8	
8	17	30.8	27.7	27.5	26.3	25.9	26.1	27.8	
8	18	30.1	27.1	27.1	26.1	26.1	26.1	27.6	
8	19	30.2	27.0	27.0	26.2	26.4	26.1	27.8	
8	20	25.4	26.5	26.5	26.0	25.9	26.1	27.7	47.8
8	21	36.0	36.0	28.2	26.2	26.1	26.2	27.7	
8	22	36.3	33.3	30.8	26.1	26.1	26.2	27.8	
8	23	36.0	36.0	36.0	31.4	26.1	26.2	27.6	21.6
8	24	36.0	37.1	35.8	34.0	26.2	26.5	27.8	
8	25	36.3	33.0	33.0	33.0	26.3	26.5	27.8	
8	26	36.0	33.0	32.8	32.3	28.8	26.7	27.9	
8	27	32.1	31.8	31.9	31.8	29.4	26.7	28.3	
8	28	34.2	31.3	31.7	31.6	29.7	29.1	28.6	
8	29	32.6	30.9	31.3	31.2	29.8	29.6	29.1	
8	30	33.7	31.1	31.1	31.0	29.8	29.7	29.2	
8	31	33.6	30.7	30.9	30.8	29.7	29.7	29.6	
Total									487.3

TABELA 15 - Conteúdo de água do solo (% volume).- 5 atm, ervilha 89, CPAC.

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)							Água aplicada (mm)
		10	20	30	40	60	80	100	
5	30	Depois do plantio							50.0
6	9	Depois da germinação							50.0
6	20	29.8	31.4	32.4	35.0	35.4	36.1	36.3	
6	21	29.6	31.4	31.8	35.0	35.4	36.1	36.3	
6	22	28.9	31.2	31.7	35.0	35.5	36.1	36.3	
6	23	28.4	30.5	31.2	35.1	34.7	36.1	36.3	
6	24	27.8	29.8	30.6	34.0	33.9	37.1	36.3	
6	25	27.8	29.4	30.6	32.0	33.6	37.1	36.4	
6	26	29.6	28.8	30.2	31.4	34.7	34.7	35.5	
6	27	29.1	29.6	31.7	32.8	34.7	34.9	35.5	
6	28	28.7	29.0	30.9	32.0	32.8	34.9	34.6	
6	29	28.9	29.0	31.4	32.4	32.2	34.9	34.6	
6	30	29.2	30.0	30.0	31.4	32.0	33.8	33.9	
7	1	29.7	27.2	29.8	31.0	31.8	33.5	33.7	
7	2	28.6	27.0	30.1	31.1	31.6	33.2	33.6	
7	3	27.1	27.0	32.2	30.0	31.5	32.7	26.3	
7	4	25.0	26.7	31.7	30.0	31.4	32.5	33.1	
7	5	23.1	26.7	30.9	29.7	31.6	32.7	33.1	
7	6	22.0	27.0	30.1	29.2	31.0	33.1	32.5	45.1
7	7	34.9	34.9	35.0	31.0	31.6	32.9	32.8	
7	8	33.0	34.3	33.1	33.5	32.3	33.6	33.4	
7	9	31.4	31.7	31.5	32.5	32.6	33.4	33.8	
7	10	30.6	30.5	31.0	32.1	32.7	34.0	34.3	
7	11	29.7	29.7	30.5	31.9	32.4	34.2	34.0	
7	12	29.1	29.2	29.6	30.7	32.0	33.4	33.9	
7	13	28.7	28.2	30.6	29.8	31.6	32.6	33.4	
7	14	27.8	27.5	28.1	29.4	31.6	32.8	33.6	
7	15	30.0	27.6	27.7	28.8	31.3	32.5	33.0	
7	16	25.7	28.0	27.6	28.4	30.9	32.3	33.0	
7	17	23.7	27.1	27.0	28.4	30.7	31.9	32.7	
7	18	22.0	26.6	26.5	28.7	30.6	31.7	32.5	46.5
7	19	34.0	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	
7	20	33.8	35.6	35.0	36.1	36.1	36.1	36.1	
7	21	31.9	32.7	33.1	35.5	36.1	36.1	36.1	
7	22	30.7	31.4	32.1	34.1	36.1	36.1	36.1	
7	23	29.9	30.7	31.4	33.9	36.1	36.1	36.1	
7	24	29.3	30.4	31.0	32.4	36.1	36.1	36.1	
7	25	28.8	29.9	30.6	32.0	35.5	35.5	36.1	
7	26	28.2	28.9	29.2	30.4	34.9	35.5	37.1	
7	27	27.3	28.0	28.3	30.2	34.4	35.5	35.8	
7	28	26.7	26.9	26.9	28.9	32.4	33.7	34.4	
7	29	25.0	26.6	26.5	27.3	27.1	27.3	34.2	
7	30	22.7	26.4	26.3	26.7	31.0	32.5	33.3	
7	31	21.5	26.5	26.1	26.5	30.2	31.6	32.3	49.6

Continuação Tabela 15.

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)							Água aplicada (mm)	
		10	20	30	40	60	80	100		
8	1	36.0	36.0	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	8.3	
8	2	34.7	36.0	36.1	36.1	36.0	36.0	36.0		
8	3	33.0	34.2	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0		
8	4	31.7	32.9	35.8	36.0	36.0	36.0	36.0		
8	5	31.2	33.8	36.1	36.1	36.1	36.1	36.0		
8	6	29.3	31.2	32.7	34.7	35.5	36.1	36.0		
8	7	28.0	29.0	30.3	31.3	33.4	36.1	36.0		
8	8	27.2	27.7	28.4	29.9	32.4	35.1	36.1		
8	9	26.8	27.5	27.4	28.9	32.0	34.3	35.5		
8	10	26.6	27.2	26.8	28.0	32.0	34.3	35.1		
8	11	26.1	26.6	26.4	27.0	30.4	32.2	32.8		2.2
8	12	25.5	26.5	26.4	26.9	30.4	32.3	33.4		
8	13	23.9	26.1	26.1	26.6	29.6	31.9	32.7		
8	14	21.6	24.5	24.7	26.5	29.3	31.7	32.7		51.1
8	15	34.7	32.8	28.1	27.2	29.6	35.5	36.0	21.6	
8	16	33.0	32.5	29.8	29.1	30.8	35.5	36.0		
8	17	30.6	29.6	27.6	29.9	30.8	34.3	34.7		
8	18	28.6	27.6	26.6	29.4	30.3	32.7	34.8		
8	19	27.1	27.4	27.7	29.6	29.7	32.2	34.2		
8	20	26.5	27.0	27.7	27.7	30.0	31.9	33.7		
8	21	26.3	27.3	25.9	25.8	29.5	31.5	33.0		
8	22	23.2	25.0	24.1	24.8	29.2	31.3	32.8		
8	23	28.1	26.3	23.1	24.1	29.2	30.8	32.2		
8	24	31.8	26.6	24.2	24.3	28.9	30.8	31.8		
8	25	29.5	27.7	24.3	24.3	28.9	30.7	31.7		
8	26	27.7	27.0	24.6	24.4	28.8	30.3	31.2		
8	27	26.9	27.2	24.8	24.6	29.0	30.3	31.1		
8	28	26.6	27.2	24.8	24.7	28.7	29.9	30.6		
8	29	26.5	27.0	24.8	24.8	28.6	29.8	30.5		
8	30	26.4	26.9	24.8	24.8	28.6	29.8	30.4		
8	31	26.5	27.6	24.8	24.8	28.7	29.7	30.5		
9	1	27.1	27.1	24.8	24.7	28.7	29.7	30.5		
9	2	28.4	26.7	24.7	24.6	28.3	29.4	30.0		
9	3	30.3	26.8	24.6	24.7	28.3	29.4	30.0		
9	4	26.7	26.1	24.7	24.9	28.3	29.3	30.0		
9	5	30.7	33.1	24.8	25.0	28.0	29.1	29.6		
9	6	34.0	36.1	28.8	25.3	28.2	29.2	29.9		
Total									324.40	

ESTABELECIMENTO DO MOMENTO DE IRRIGAÇÃO EM FEIJÃO BASEADO EM NÍVEIS DE TENSÃO DE ÁGUA EM AREIAS QUARTZOSAS DOS CERRADOS

Kazuo Miyazawa¹
Sebastião Francisco Figuerêdo²
Joaquim Pedro Soares Neto³

SUMMARY - A field experiment with dry season bean (*Phaseolus vulgaris* L.) was initiated in 1989 on a sandy soil in the Cerrado Experimental Station, San Francisco Branch, EPABA. Generally in Bahia, the yield of Phaseolus bean is lower in the rainy season due to disease injury. This also difficult to plant beans under irrigation in the dry season because the sandy soil, which is distributed over wide areas in the Cerrados of Bahia, shows a low water holding capacity and conductivity. The experimental field was planted with maize in the previous rainy season and plowed deeply with the incorporation of residues after harvest. Five treatments of irrigation points based on the soil water tension at a depth of 10 cm were set up as follows: 0.5, 1, 3, 5 and 10 atm. The volume of irrigation water had been calculated from the value of the tension to a 60 cm depth to provide enough water for the restoration of the field water capacity. The values of the soil water tension were calculated from daily readings of tensiometers and electric resistance in gypsum blocks. The experimental treatments were carried out with four replications and the plot, 3.5 m x 8 m in size was irrigated using a perforated PVC tube held above the plant canopy. Adequate maintenance fertilizer containing nitrogen was applied and inoculated seeds were planted in each plot. The experimental results in 1989 can be summarized as follows: The yields of bean (Carioca) were similar up to the 3 atm treatment, amounting to 1.7 t/ha, and then decreased from the 5 to 10 atm treatments.

¹ Soil Science Specialist, Consultor da JICA.

² Eng.-Agrícola, EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa postal 08223, CEP 73301/970 Planaltina, DF.

³ Eng.-Agr., EPABA/Unidade de Execução de Pesquisa do São Francisco (UEP), Caixa Postal 24, CEP 47800/00 Barreiras, BA.

The total amount of water supplied and the interval of irrigation was about 330 mm and eight days for the 1 atm treatment, respectively. Due to the low water conductivity, the total amount of irrigation water was lower. The 1000 grain weigh which was about 230 g was slightly smaller than normal. As the water uptake by the bean root system did not reach horizons, it was considered that for the cultivation of Phaseolus bean on sandy soil, irrigation should be implemented frequently with a small amount of water until a 40 cm depth.

Key words: Cerrado, sandy soil, irrigation point, Phaseolus bean, soil water tension.

Introdução

No oeste do Estado da Bahia, à margem esquerda do Rio São Francisco, estende-se uma vasta região dos Cerrados constituído por solos originados de sedimentos areno-quartzosos. Recentemente, essa região começou a ser desenvolvida com rapidez, devido a facilidade de aquisição, a preços baixos de extensas áreas agrícolas, com topografia suave, adequadas à mecanização agrícola. Cultiva-se, predominantemente, a soja, já que não existem ainda outras alternativas de cultura, evidenciando a tendência para uma monocultura.

Na Bahia, o cultivo de feijão ocupa uma área correspondente a 10% da área cultivada em todo o território nacional. Contudo, comparada com a de outros Estados, a sua produtividade é baixa, e vem declinando desde 1981 (Azevedo & Caixeta, 1986). Aponta-se como motivo dessa queda a baixa fertilidade do solo arenoso da região, além da facilidade de ocorrência de doenças por ocasião da estação chuvosa. Tendo-se como objetivo conseguir melhor produtividade desta cultura, faz-se necessário que o cultivo seja feito na época seca, utilizando-se a irrigação. A textura franco-arenosa desses solos facilita a drenagem da água, impossibilitando a irrigação por sulcos. Por outro lado, sua topografia suave e rica em recursos hídricos possibilita a utilização de um sistema de irrigação por aspersão, de modo que, recentemente, vem aumentando o número de agricultores que praticam a agricultura irrigada por pivot central em grande escala. No que se refere aos experimentos de irrigação na época seca, Oliveira (1986) conduziu experimentos relativos ao cultivo de feijão na Estação Experimental da UEP São Francisco, EPABA, na região do vale, encontrou como sendo 393 mm a lâmina total de água a ser irrigada, num intervalo de 4 a 8.

Este experimento ainda está em fase de execução, mas em função do término do período de permanência no Brasil do Dr. MIYAZAWA, um dos responsáveis por este trabalho, publica-se o presente relatório parcial sobre os resultados do experimento de 1989, esperando-se que ele sirva de referência aos estudiosos do ramo.

Objetivo

Determinar a influência do momento de irrigação, baseado na tensão de água do solo, sobre a quantidade de água, a produção e os componentes de produção do feijão, irrigado na época seca, em Areia Quartzosa dos Cerrados.

Hipótese

Hillel (1971), em seu livro "Soil and Water", diz o seguinte: Na saturação os solos de maior condutividade hidráulica são aqueles em que os poros se constituem na maior parte do volume poroso, enquanto que os de menores condutividade são os solos no qual o volume de poros se constitui na sua maior parte de microporos. Assim como é conhecido, um solo arenoso conduz água mais rapidamente do que um solo argiloso. Contudo o oposto pode ser verdadeiro quando o solo não está saturado. Em um solo com grandes poros, estes poros se esvaziam rapidamente e se tornam não condutivos a medida que a tensão aumenta decrescendo assim muito rapidamente a condutividade hidráulica inicialmente elevada. Por outro lado, em um solo com pequenos poros, muitos destes poros permanecem cheios e condutivos mesmo a tensão bastante elevada, de tal forma que a condutividade hidráulica não decresce tão rapidamente e pode ser realmente maior do que a condutividade hidráulica de um solo com grandes poros para o mesmo nível de tensão.

Assim, tendo-se em mente as características de condutividade hidráulica num solo arenoso em estado não-saturado, foram conduzidos os experimentos com base nas seguintes hipóteses:

1. Os momentos de irrigação baseados na tensão de água no solo exercem influência direta sobre o crescimento e o rendimento das plantas;
2. Entretanto, uma vez que o sistema radicular das plantas absorve a umidade até 60 cm de profundidade, a quantidade de água a ser

aplicada deve levar em conta a variação de umidade na camada até 60 cm abaixo da superfície;

3. As plantas experimentadas podem aproveitar a umidade até 1 atm;
4. Dado que a condutividade em solos arenosos é baixa e não há fornecimento de água proveniente das camadas inferiores, esses solos ressecam com facilidade, de modo que os momentos de aplicação de água devem ser estabelecidos em pontos mais altos.

Material e Métodos

O trabalho de campo foi conduzido na Estação Experimental do Cerrado da UEP/São Francisco-EPABA, em Areias Quartzosas.

O efeito da tensão de água no solo sobre o feijão no momento das irrigações foi avaliado, estabelecendo-se os seguintes níveis de tensão: 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 e 10 atm, utilizando-se o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições.

Tensiômetros e blocos de gesso foram instalados nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 60, 80 e 100 cm. A tensão de água no solo na profundidade de 10 cm foi utilizada para indicar o momento das irrigações, uma vez que as maiores variações de umidade se encontram próxima à superfície do solo.

A quantidade de água aplicada em cada irrigação foi calculada considerando-se a variação de umidade do solo até a profundidade de 60 cm.

As irrigações foram feitas através de mangueiras conectadas a tubos de PVC perfurados, simulando uma chuva, em parcelas de dimensões de 3,5 m por 8 m. A quantidade de água aplicada foi medida através de hidrômetros, com precisão de um litro.

Com o objetivo de se aumentar a capacidade de retenção de água e a fertilidade do solo, foram incorporados resíduos culturais de milho, numa camada de 30 cm de profundidade, por meio de arado de aiveca.

A variedade de feijão utilizada foi a Carioca, a qual foi semeada após ter sido bem misturada com o inoculante. Após a emergência, foi feito um desbaste deixando-se 20 plantas/m². Por ocasião da semeadura do milho na estação chuvosa foram aplicados 0,91/ha de calcário e 100 kg/ha de P₂O₅ na adubação de correção. A adubação de manutenção foi de 100 kg/ha de P₂O₅ e K₂O, sob forma de Superfosfato simples e Cloreto de Potássio. Com relação ao N, foram aplicados, sob forma de uréia, 20 kg/ha logo após a emergência, e mais 40 kg/ha antes da floração. A semeadura foi realizada no dia 2 de junho e a colheita, no dia 26 de agosto de 1989.

A Estação Experimental do Cerrado da UEP/São Francisco situa-se a 60 km, na direção oeste de Barreiras, à margem direita do Rio das Pedras, que corre sobre uma vasta área de chapada. A E.E. Cerrado fica localizada numa área plana, um pouco acima da margem do rio. Uma bomba é utilizada para captar a água do Rio das Pedras e essa água é armazenada numa torre com dois reservatórios de 1.000 litros no campo experimental.

A Tabela 1 apresenta as características físicas do solo. Este é constituído, em todo o seu perfil, por sedimentos areno-quartzosos quase sem diferenciações. Seu teor de argila é de 15 a 20% e, o de areia é em torno de 80%, e segundo Grupamento de Classes de Textura classifica-se como solo arenoso (SNLCS, 1979).

TABELA 1 - Análises físicas do solo antes do plantio de feijão 89, EPABA.

Camada	Profundidade (cm)	Argila	Silte	Areia		Classificação textural	Densidade	
				Areia fina	Areia grossa		Global (g/cc)	Real (g/cc)
AP	0-12,5	15	1	50	34	arenoso-franco	1,49	2,7
A	12,5-20	15	1	45	39	arenoso-franco	1,48	2,7
Cl	30 - 40	18	1	55	26	franco-arenoso	1,51	2,7
Cl	40 - 50	19	1	59	21	franco-arenoso	1,48	2,7
Cl	60 - 70	19	1	53	27	franco-arenoso	1,47	2,7
C2	70 - 80	20	1	57	22	franco-arenoso	1,49	2,7
C2	90 - 100	22	1	57	20	franco-argilo-arenoso	1,47	2,7
C2	110 - 120	22	1	59	18	franco-argilo-arenoso	1,50	2,7

Segundo o mapa do Levantamento de Recursos Naturais do Brasil, nessa área se distribui o Latossolo Vermelho-Amarelo, mas pela textura apresentada na Tabela 1, está evidente que se trata de Areias Quartzosas. Esta classe compreende solos com sequência de horizontes A e C, de textura arenosa, excessivamente drenados, muito profundos, moderada e fortemente ácidos, de fertilidade natural baixa com saturação de bases variando de 8 a 38% e saturação com alumínio trocável entre 25 e 80% (MME/SF/Projeto RADAM BRASIL, 1982).

Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra a relação entre a densidade global e a permeabilidade desse solo. A permeabilidade decresce vertiginosamente quando a densidade global ultrapassa 1,5. Calcula-se que o solo original se encontre muito

denso em todo o perfil, de modo que é preciso melhorar as características físicas do solo por meio de uma aração profunda acompanhada de incorporação de restos culturais.

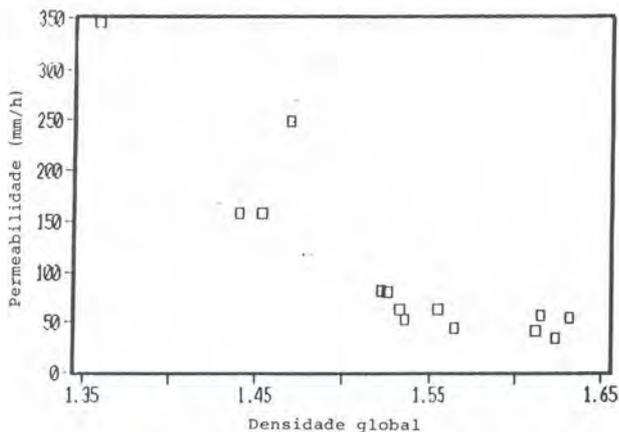


FIG. 1 - Densidade global e permeabilidade, feijão 89, EPABA

A Figura 2 apresenta a relação entre a umidade e a tensão de água no solo, determinada pelo método da centrífuga em cápsulas de 100 cc. Quando a tensão ultrapassa uma atm, o volume de água extraído da amostra diminui repentinamente (Freitas Junior, E. & Silva, E.M. da, 1987).

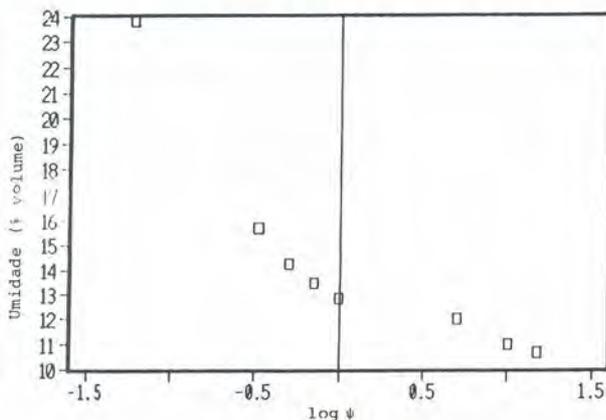


FIG. 2 - Umidade e tensão (atm), Laboratório, 89, EPABA

O cálculo da quantidade de água a ser aplicada é relacionada com a tensão de água no solo. Esse cálculo é feito utilizando-se os dados da curva característica do solo (Figura 2). No entanto, a curva característica determinada pelo método da centrifuga tende a indicar valores de umidade um pouco maiores do que aquelas determinadas em campo, em relação a uma mesma tensão.

Sendo assim, antes com o intuito de obter a equação para determinar a umidade no solo, retirou-se da camada C do solo original uma amostra de solo, a qual foi colocada em vaso de 200 cm² de seção transversal e 15 cm de profundidade. Nesse vaso foi instalado um tensiômetro e um bloco de gesso, a 10 cm de profundidade. A tensão (atm) medida por esse tensiômetro e a resistência elétrica (K-ohm) desse bloco de gesso, foi relacionada com o teor de umidade do solo. Inicialmente, ao acomodar a terra para atingir 1,5 g/cm³ de densidade global, esta ficou além do pré-estabelecido, a ponto de sua superfície, quando seca, apresentar aspecto de concreto, o que prejudicou a aeração e o movimento de água no solo dentro do vaso, de modo que foi necessário corrigir a densidade para 1,35. Depois de se medir a umidade em peso, foi feita a estimativa da umidade em volume, com a densidade 1,5. Levando-se também em consideração a tendência observada na Figura 2, foram obtidas as fórmulas para fazer a estimativa de umidade por meio da tensão de água no solo, como se seguem:

$$\theta = 9,37 - 5,06 \log \gamma \dots\dots (1)$$

$$\theta = 10,17 - 0,89 \log \omega \dots\dots (2)$$

$$\theta = 9,37 - 1,85 \log \gamma \dots\dots (3)$$

onde θ é a umidade do solo em volume, γ é a tensão (atm) de água no solo e ω é a resistência elétrica (K-ohm) do bloco de gesso. A fórmula (1) é aplicada para tensões de água no solo inferiores a 1 atm, enquanto que a fórmula (2) é utilizada para tensões superiores a 1 atm. Com base nas fórmulas (2) e (3), com a tensão de uma atm, obtém-se 9,4% de umidade e 7,9 K-ohm de resistência elétrica no bloco de gesso; com 3 atm, a tensão e a resistência elétrica são, respectivamente, 8,5% e 78 K-ohm, com 5 atm, 8,1% e 224 K-ohm, com 10 atm, 7,5% e 950 K-ohm.

A Figura 3 mostra a relação entre a umidade e a tensão de água (atm) determinada por meio de tensiômetro. A Figura 4 indica a relação entre a

resistência elétrica (K-ohm) do bloco de gesso e a umidade. Com base nas Figuras 3 e 4 pode-se obter as fórmulas de relação (4) e (5) para o cálculo de umidade em campo:

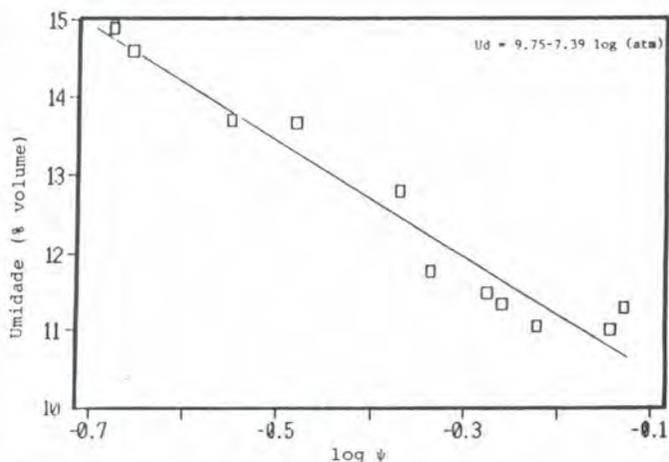


FIG. 3 - Campo experimental de feijão 89, EPABA.

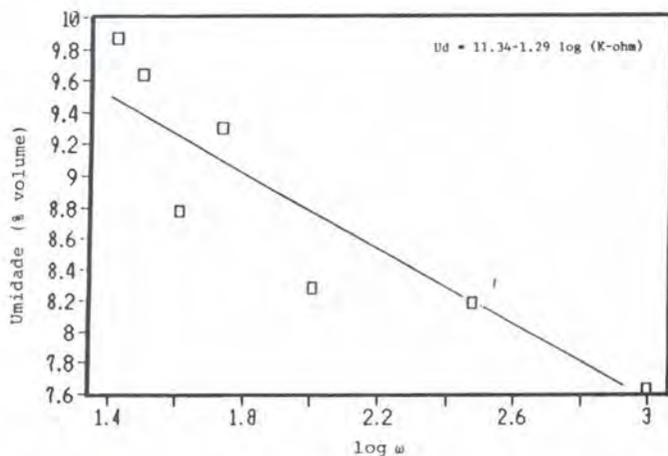


FIG. 4 - Campo experimental de feijão 89, EPABA.

$$\theta = 9,75 - 7,93 \log \gamma \dots (4)$$

$$\theta = 11,34 - 1,29 \log \omega \dots (5)$$

A Figura 5 indica a relação entre a tensão de água calculada com base nas fórmulas (4) e (5) e a umidade em volume. Ela se assemelha muito com a curva encontrada em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média (Azevedo, 1981). A água disponível no solo, entre 10 atm até a capacidade de campo, é de cerca de 12%, que é um pouco inferior, se comparado com os 14% de LE argiloso registrados no CPAC, porém a água disponível entre 1 atm até a capacidade de campo é de 9%, um pouco maior que os 7% do LE argiloso, de modo que há mais poros para reter a água de irrigação. Teme-se, no entanto, que a água irrigada não seja retida nas camadas do solo, mas, como já foi dito, em situação de não-saturação de água, os vasos capilares são cortados, impedindo a movimentação de água. O problema do consumo de água das plantas em solos arenosos se situaria, embora pudesse parecer contraditório, na má movimentação de água dentro do solo arenoso.

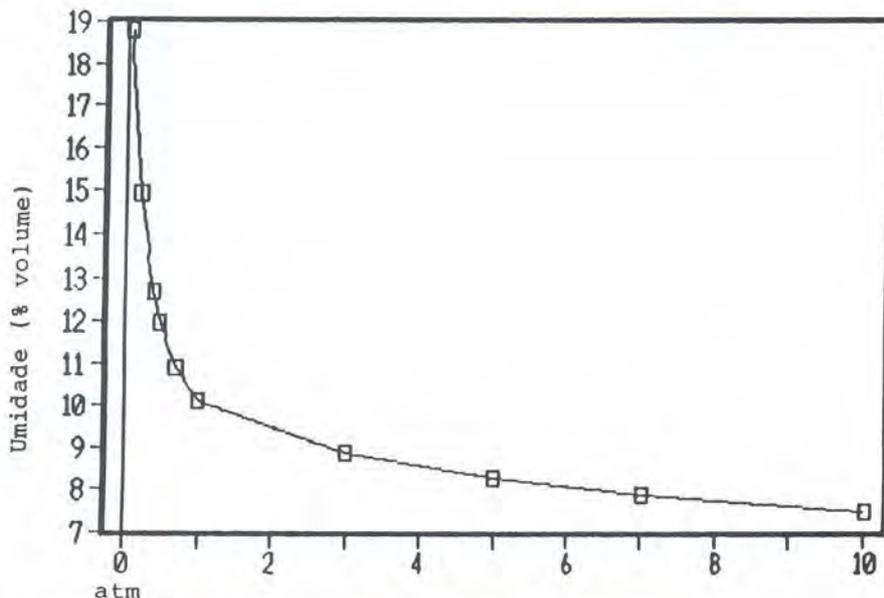


FIG. 5 - Curva de umidade de solo, feijão 89, EPABA

Rendimento e Componentes de Produção

A Tabela 2 apresenta o rendimento e os componentes de rendimento do feijão. A produção de grãos não apresenta diferenças significativas entre os tratamentos com tensões inferiores a 3 atm. Os tratamentos com tensões acima de 5 atm mostram uma diminuição em comparação com os tratamentos a 3 atm ou menos, com diferenças significativas com a precisão acima de 1%. Com relação aos componentes de produção, nota-se que não há diferença entre os tratamentos.

A Tabela 3 mostra o conteúdo de nutrientes em folhas da parte superior do feijoeiro na época da floração (Tabela 3).

TABELA 2 - Feijão, safra 89, EPABA.

Tratamento atm	Rendimento de grão		Número de vagem por planta	Peso de 100 grãos (g)
	Peso de palha kg/ha			
	*			
0.5	1717 a	1679	13.3	23.6
1	1757 a	2043	10.0	22.8
3	1657 a	1823	10.5	23.4
5	1309 b	1666	11.3	23.0
10	1023 c	1200	10.3	23.5

CV: 9.7%
DMS 0.05: 223 kg/ha
0.01: 313 kg/ha

Variedade: Carioca
Data colheita: 29/08/89

TABELA 3 - Conteúdo de nutrientes da folha na época da floração.

Tratamento atm	% de matéria seca				
	N	P	K	Ca	Mg
0.5	5.16	0.34	1.81	1.63	0.68
1	4.85	0.34	1.81	1.68	0.66
3	4.93	0.35	1.91	1.79	0.66
5	5.00	0.35	1.84	1.73	0.66
10	4.94	0.35	1.78	2.00	0.82

Feijão, safra 89, EPABA
Data colheita: 24/07/89

A Tabela 4 mostra a quantidade total de nutrientes absorvidos no tratamento a 1 atm. A quantidade total absorvida de cada um dos nutrientes é alta, mas está equilibrada com a quantidade de adubos aplicados. Apesar de ter sido feita inoculação das sementes deste experimento, a nodulação não foi boa, se bem que a quantidade total de absorção do N é superior à quantidade de N aplicado, que foi de 60 kg/ha. Isso indica que, mesmo em solos arenosos, não houve perda de N devido as irrigações, bem como houve fornecimento de N através das palhas de milho incorporadas no solo.

A Tabela 5 apresenta as variações do conteúdo de nutrientes no solo original e no solo após a colheita de feijão.

TABELA 4 - Quantidade de nutrientes absorvidos na parte aérea do feijoeiro no tratamento a 1 atm.

Feijão, safra 89, EPABA
Data coleta: 29/08/89

Matéria	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	kg/ha				
palha	66.4	18.2	27.1	5.7	6.7
grão	27.6	6.0	50.8	50.6	24.2
total	94.0	24.2	77.9	56.3	30.9

TABELA 5 - Conteúdo de nutrientes antes e após a colheita de feijão 89, EPABA.

Data colheita: 13/09/88, 12/09/89

Camada	Profundidade cm	Matéria orgânica %	pH H ₂ O	Cations trocáveis				P Mehlich ppm
				Ca*	Mg*	K**	Al	
								meq/100ml
Campo original								
Ap	0-12.5	1.23	5.2	0.55	0.17	0.06	0.58	16.6
A	-20	1.23	5.2	0.48	0.18	0.04	0.68	4.9
Cl	-40	0.74	5.2	0.12	0.06	0.01	0.67	3.3
Após colheita a 1 atm no bloco 3								
Ap	0-15	0.91	5.6	1.87	1.19	0.09	0.00	43.6
A	-30	1.11	5.6	1.78	1.09	0.09	0.00	49.8

* EDTA

** Mehlich

Quantidade de Água Aplicada e Movimento após Irrigação

A Tabela 6 apresenta a quantidade total de água aplicada e os intervalos de irrigação. A quantidade total de água aplicada foi de 335 mm a 1 atm, em intervalos de seis a oito dias e quando essa quantidade foi inferior a 300 mm, observou-se uma diminuição no crescimento das plantas. Frizzone, J.A. (1987) relata a respeito da interação entre N e a quantidade de água irrigada, apontando que se conseguiu o rendimento máximo com a aplicação de 120 kg/ha de N e 500 mm de água irrigada. Em comparação com esse relato, as quantidades encontradas na Tabela 6 são baixas. Em Latossolo Vermelho-Escuro, o ciclo de feijão é de cerca de 100 dias, e a quantidade total de água aplicada a 1 atm é de 450 mm. Mesmo comparando com esses números, a quantidade de água aplicada (Tabela 6) é baixa, e o seu ciclo, de 85 dias, é extremamente curto.

TABELA 6 - Quantidade de água irrigada e de chuva.

**Feijão, safra 89, EPABA
Variedade: Carioca**

Descrição	Tratamento (atm)				
	0.5	1	3	5	10
Água total aplicada	356.0	334.6	315.1	293.1	224.3
Intervalo de julho	5-6	6-7	8	9-10	14
irrigação (dia) agosto	7	8	8	11	17

A Figura 6.1 apresenta o movimento de água no solo após cada irrigação para o tratamento a 1 atm, na época da floração, entre 22 e 28 de julho. É interessante notar que o conteúdo de água na camada de 60 cm de profundidade manteve-se a 10%, o que corresponde à tensão de água a uma atm. Essa camada parece tornar-se impermeável nesta situação. A água aplicada no dia 21 de julho atingiu essa camada aos poucos e ficou retida nela; no dia 23 de julho começou a aumentar o conteúdo de água da camada superior. Depois disso, o conteúdo de água começou a diminuir gradativamente e de modo generalizado na camada de até 40 cm abaixo da superfície, de modo que no dia 27 de julho chegou até 0,7 atm de conteúdo de água na camada a 10 cm de profundidade. A 28 de julho, somente a camada que fica a 10 cm de profundidade mostra a diminuição de até umidade 10 volume %, que corresponde a 1 atm. Em outras palavras, isso significa em termos práticos, que

a irrigação pode ser iniciada um dia depois que a tensão de água na camada de 10 cm atinge 0,7 atm. Quando isto ocorre o tensiômetro pára de funcionar. De acordo com a Figura 6.1, presume-se que o sistema radicular do feijão absorva a água até 40 cm de profundidade, de modo que a quantidade de água a ser aplicada poderá ser calculada tendo-se em mente o movimento de água até 40 cm de profundidade.

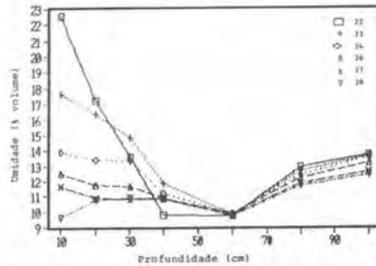


FIG. 6.1 - Mudança de água após irrigação 1 atm, julho, feijão 89, EPABA

A Figura 6.2 mostra o movimento de água após irrigação com o tratamento a 3 atm, no mesmo período entre 22 e 28 de julho. Nessa parcela, o ressecamento está adiantado, e a tensão de água na camada entre 20 cm e 80 cm se mantém acima de 1 atm e por não haver infiltração de água, não

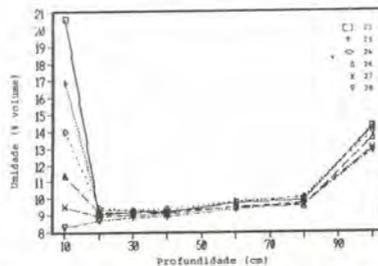


FIG. 6.2 - Mudança de água após irrigação 3 atm, julho, feijão 89, EPABA

existe movimento de água. A água irrigada no dia 21 de julho retém-se na camada entre 0 e 20 cm e é consumida aos poucos, a 26 de julho atinge 0,7 atm de tensão, no dia 27 de julho registra 1 atm e a 28 de julho o conteúdo de água chega a ser inferior a 9% com 3 atm. Nesse caso, a irrigação também pode ser iniciada dois dias depois quando a tensão de água a 10 cm de profundidade alcançar 0,7 atm. A água se movimenta somente na profundidade até 20 cm, mas isso não chega a afetar o rendimento do feijão. Entretanto, esse ponto constitui o limite, de modo que o momento ideal de irrigação é de 1 atm, a fim de se conseguir uma produção estável.

Conclusões

No que se refere ao cultivo de plantas em solos arenosos, o problema maior se situa na má condutividade de água, de modo que se faz necessário procurar medidas para superar esse problema:

Primeiramente, pode-se pensar no aumento dos limites de alcance do sistema radicular por meio da aração profunda, fazendo com que o sistema radicular se desenvolva e conseqüentemente melhore o aproveitamento da água disponível.

Em segundo lugar, para haver melhor aproveitamento da água, aplicada, esta deve ser concentrada, principalmente na região próximos ao sistema radicular. Para tanto, o cálculo da quantidade de água a ser aplicada deve ser efetuada levando-se em conta o movimento de água na camada de solo onde se encontra a maior concentração de raízes.

Para promover uma melhor nodulação, deve se evitar tanto o excesso de umidade quanto deficit hídrico na área do sistema radicular, e para tanto é preciso manter na profundidade adequada a camada a ser irrigada, ou seja, local por onde se distribuem as raízes, e fazer com que a umidade tenha mudanças dentro de certos limites, de modo a não provocar excessos tanto de umidade quanto de deficit hídrico.

Em solos arenosos, quando se mantém a umidade abaixo de 1 atm por algum tempo, essa área endurece e torna-se impermeável. Para evitar tal situação, deve-se medir a tensão do local mais próximo a superfície, e ao notar que ela atinge 1 atm, deve-se proceder a irrigação, de modo que a área onde fica o sistema radicular atinja a capacidade adequada ao campo. Resumindo:

1. Para o cultivo de feijão irrigado, durante a estação seca, num solo arenoso, é preciso consolidar o sistema rotativo, a longo prazo, que inclua a incorporação de restos da cultura da estação chuvosa e aplicações regulares de calcário;

2. A medição da tensão de água no solo para fins de estabelecimento do momento de irrigação deve ser feita na profundidade 10 cm;
3. O momento de irrigação para o cultivo de feijão deve ser a 1 atm;
4. A quantidade de água a ser aplicada deve ser calculada levando-se em consideração a profundidade de 40 cm.
5. Para o cultivo de feijão irrigado durante a estação seca, é preciso haver, além da inoculação, uma quantidade pequena de N no plantio, uma vez que os nódulos têm baixa atividade em solos arenosos, é necessária a aplicação complementar de pequena quantidade de N na época da floração.

Agradecimentos

Para a consecução do presente trabalho, contou-se com o aconselhamento e apoio dos colegas pesquisadores da EMBRAPA/CPAC, Dr. Elias de Freitas Junior, Dr. Dimas Vital S. Resck e Dr. Jamil Macêdo, na definição do tipo do solo como sendo Areias Quartzosas bem como no planejamento e execução de experimentos sobre a fisiologia de solos arenosos. Em campo, contou-se com o apoio e conselhos do Dr. José Joaquim Santana e Silva e do Dr. Giderval de Carvalho Brito, respectivamente Chefe e Coordenador da UEP/São Francisco-EPABA. Coube ao Técnico Agrícola Sr. Dogival de Carvalho Brito a condução do experimento na E.E.Cerrado. Os Técnicos Agrícolas da EMBRAPA/CPAC, Sr. José Antônio de Silva e Sr. Lúcio Feitosa deram assistência e conselhos constantes no decorrer dos experimentos. Sr. José Roberto Leopoldino, Técnico do Setor de Irrigação da EMBRAPA/CPAC, deu assistência e aconselhamento na área do sistema de irrigação de campo. No que se refere aos entendimentos entre JICA e EMBRAPA e na obtenção de equipamentos e materiais de pesquisa, encarregaram-se dessa tarefa Dr. Bunkichiro Watanabe, Líder do Grupo Japonês da JICA/EMBRAPA/CPAC, seu Coordenador Dr. Yoshimune Nihei, bem como a secretária da EMBRAPA/CPAC Sra. Nair Seiko Hayashida. A todos eles que assim colaboraram conosco, registramos os nossos melhores agradecimentos.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, J.A. de; FREIRE, J.C.; SILVA, E.M. da. Características físico-hídricas importantes para a irrigação de solos representativos dos Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 11, 1981. Brasília. Anais ... Brasília: [s.n], 1983. v.2, p.843-844.
- AZEVEDO, J.A. de; CAIXETA, T.J. **Irrigação do feijoeiro**. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1986. 60p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 23).
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais**: folha sd. 23 Brasília. Rio de Janeiro, 1982. v.29, p.361-364.
- FREITAS JUNIOR, E.; SILVA, E.M. da. Caracterização, modificações sob cultivo e variabilidade espacial das propriedades físicas dos solos dos cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina,DF). **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-85**. Planaltina, 1987. p.206- 208.
- FRIZZONE, J.A. **Funções de resposta do feijoeiro ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA. Campinas, p.123-133, 1987.
- GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Fósforo**. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC: São Paulo: Nobel, 1986. p.159.
- HILLEL, D. Soil and water; physical principles and processes. New York: Academic Press, 1971. p.105.
- MAGALHÃES, J.R.; MILLAR, A.A. Efeito do deficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.13,(n.2), p.55-60, 1978.
- OLIVEIRA, F.A. de. **Irrigação de diferentes cultivos no Município de Barreiras, Bahia**. Salvador; 1978. (EPABA, Comunicado Técnico, 6). Citação de "Resumo de Trabalhos, EPABA, 1986", p.90.
- REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO, 10, 1979, Rio de Janeiro. **Súmula**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. P.9 (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

- SOUSA, D.M.G. de; CARVALHO, L.J.C.B.; MIRANDA, L.N. de. **Correção da acidez do solo**. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC: São Paulo: Nobel, 1986. p.99-127.
- VILELA, L.; SILVA, J.E. da; RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G. de. **Potássio**. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC: São Paulo: Nobel, 1986. p.203-222.

COMPLEMENTAÇÃO:
Umidade do Solo

TABELA 7.1. Umidade do solo (volume %) 1 atm, feijão 89, EPABA

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)						Água aplicada (mm)	
		10	20	30	40	60	80		100
6	2	Depois do plantio						20.0	
6	6	Depois da germinação						20.0	
6	10							20.0	
6	14							20.0	
6	16	21.3	21.2	20.4	19.0	18.3	17.5	17.8	
6	17	19.3	19.0	19.4	18.9	18.2	17.4	17.0	
6	18	18.3	18.8	19.0	18.6	17.8	17.5	18.0	
6	19	16.9	18.1	18.6	18.4	17.7	17.6	18.2	
6	20	15.6	17.9	18.2	18.1	17.5	17.5	17.8	
6	21	14.0	17.6	18.1	17.9	17.5	17.6	17.9	
6	22	12.8	16.9	17.7	17.7	17.3	17.4	17.8	
6	23	12.0	16.0	17.4	17.4	17.1	17.3	17.7	
6	24	12.9	15.0	14.5	17.2	17.1	17.0	17.6	
6	25	11.1	14.0	16.7	16.9	17.0	17.1	17.6	
6	26	10.9	12.4	16.2	16.6	16.7	16.9	17.3	8.5
6	27	11.7	12.8	15.8	16.4	16.7	16.8	17.3	
6	28	12.8	12.9	15.3	16.0	16.4	16.6	17.0	2.0
6	29	12.5	12.9	15.1	15.9	16.4	16.6	17.0	2.5
6	30	13.5	11.7	16.5	15.4	16.3	16.6	17.0	
7	1	12.7	11.0	17.4	14.6	16.2	16.5	17.0	
7	2	9.7	10.8	13.8	15.4	16.0	16.3	16.8	23.7
7	3	18.9	14.3	13.7	14.1	15.9	16.2	16.6	
7	4	15.7	13.9	13.8	13.8	15.7	16.0	16.4	
7	5	12.9	14.4	13.6	13.5	15.5	15.9	16.3	
7	6	11.5	13.3	12.7	12.6	15.4	15.9	16.3	
7	7	11.1	11.8	11.9	11.8	15.2	15.8	16.2	
7	8	10.9	11.4	11.1	11.0	14.5	15.8	16.3	30.9
7	9	24.9	11.1	11.5	13.8	12.8	15.7	16.2	
7	10	18.9	13.3	11.7	11.3	14.6	15.6	16.1	
7	11	15.0	13.5	11.8	11.3	13.9	15.4	16.0	
7	12	13.1	14.0	11.9	11.0	14.6	15.2	15.7	
7	13	12.0	12.3	11.4	10.9	13.5	15.1	15.5	
7	14	13.1	12.6	11.7	10.8	13.2	15.0	15.5	
7	15	9.5	10.4	10.2	10.1	11.9	17.3	15.1	34.1
7	16	21.2	18.4	15.8	9.8	12.0	14.4	15.1	
7	17	15.9	16.0	15.3	9.9	12.2	14.2	14.9	
7	18	13.1	14.8	14.8	10.1	11.8	13.9	14.6	
7	19	12.8	14.1	13.8	9.9	11.8	13.7	14.5	
7	20	12.0	11.6	11.5	9.8	10.1	13.3	14.1	
7	21	9.3	11.5	11.0	9.7	9.9	12.7	13.7	34.4

Continuação

TABELA 7.1 - Umidade do solo (volume %) 1 atm, feijão 89, EPABA.

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)							Água aplicada (mm)
		10	20	30	40	60	80	100	
7	22	22.5	17.2	13.6	9.8	9.7	12.9	13.7	
7	23	17.6	16.3	14.8	11.9	9.8	12.7	13.6	
7	24	13.9	13.4	13.3	11.2	9.9	12.4	13.5	
7	25	13.3	13.4	13.2	11.0	9.9	12.4	13.4	
7	26	12.5	11.8	11.6	10.9	9.9	12.2	13.2	
7	27	11.7	10.8	10.8	10.9	9.8	11.9	12.6	
7	28	9.6	10.8	10.9	10.8	9.7	11.7	12.4	34.3
7	29	22.5	19.4	17.6	12.8	9.8	11.9	12.5	
7	30	19.2	17.1	16.0	12.1	9.9	11.8	12.7	
7	31	17.6	15.8	15.2	11.7	9.9	11.6	12.6	15.0
8	1	23.0	23.5	21.8	19.9	12.4	12.1	13.3	
8	2	19.6	19.3	19.0	18.5	11.8	11.9	13.1	
8	3	17.2	17.2	16.7	17.3	11.8	11.9	11.4	
8	4	15.5	15.7	15.9	16.0	11.8	12.0	13.1	
8	5	14.0	13.6	13.6	14.6	11.8	11.9	13.0	
8	6	13.0	12.2	12.3	13.3	11.2	11.3	12.9	
8	7	13.6	11.5	11.6	11.9	11.6	11.8	12.8	
8	8	13.5	10.9	11.0	11.0	11.5	11.7	12.6	
8	9	9.3	11.1	10.7	10.9	11.4	11.8	12.5	34.4
8	10	20.9	19.0	12.3	14.9	11.4	13.3	13.0	
8	11	17.2	14.4	12.5	13.0	11.3	12.1	12.5	
8	12	15.9	13.4	12.3	11.8	11.3	11.8	12.3	
8	13	15.5	11.6	11.1	11.1	11.2	11.6	12.1	
8	14	12.1	10.8	10.9	10.9	11.1	11.4	12.0	
8	15	13.9	10.8	10.8	10.8	10.0	11.4	11.9	
8	16	13.4	10.6	10.7	10.8	9.8	13.5	11.7	
8	17	9.5	10.8	10.0	9.8	9.6	11.5	11.7	35.1
8	18	21.2	17.9	13.0	15.1	9.8	12.6	12.1	
8	19	18.8	15.5	13.7	14.2	10.0	11.8	11.9	
8	20	18.3	14.9	13.0	13.1	10.1	11.6	12.0	
8	21	18.0	15.3	11.0	11.9	11.1	11.5	11.7	
8	22	17.7	15.4	11.9	11.3	11.4	11.5	11.8	
8	23	17.7	16.2	11.9	11.2	11.3	11.6	12.0	
8	24	16.9	17.0	12.8	11.1	11.2	11.4	11.8	
8	25	16.4	14.9	13.4	11.1	11.2	11.4	12.1	
8	26	14.5	14.1	13.0	11.1	11.2	11.3	11.8	

TABELA 7.2 - Umidade do solo (volume %) 3 atm, feijão 89, EPABA.

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)							Água aplicada (mm)
		10	20	30	40	60	80	100	
6	2	Depois do plantio							20.0
6	6	Depois da germinação							20.0
6	10								20.0
6	14								20.0
6	16	21.2	20.9	19.8	18.6	17.5	18.2	15.9	
6	17	19.3	19.6	19.6	18.6	17.5	17.4	16.1	
6	18	18.4	19.1	19.0	18.5	17.5	17.2	16.4	
6	19	17.5	18.6	18.8	18.2	17.7	17.1	16.8	
6	20	16.6	18.1	18.3	17.9	17.5	17.1	16.9	
6	21	16.0	17.9	18.1	17.8	17.7	17.3	17.1	
6	22	15.1	17.5	17.7	17.6	17.5	17.2	17.1	
6	23	14.6	17.0	17.3	17.2	17.4	17.2	17.0	
6	24	13.5	16.5	17.0	17.1	17.2	17.2	17.0	
6	25	12.9	16.0	16.7	16.9	17.3	17.1	16.9	
6	26	12.1	15.4	16.2	16.6	17.0	16.9	16.9	8.5
6	27	13.2	15.0	15.8	16.3	16.9	16.9	16.9	
6	28	13.8	14.8	15.5	16.1	16.7	16.8	16.4	2.0
6	29	14.1	14.6	15.3	15.9	16.6	16.5	16.3	2.5
6	30	13.9	14.4	14.9	15.8	16.6	16.7	16.7	
7	1	13.5	14.0	14.1	15.4	16.4	16.5	16.5	
7	2	12.0	13.1	13.4	15.1	16.3	16.3	16.3	
7	3	10.1	12.4	12.7	14.8	16.4	16.4	16.4	
7	4	9.3	12.0	12.4	14.3	16.1	16.3	16.3	
7	5	8.7	11.6	12.0	13.7	16.0	16.0	16.1	27.7
7	6	21.2	12.6	12.7	13.3	16.2	16.0	16.1	
7	7	17.6	13.6	12.7	13.1	15.8	15.7	15.9	
7	8	14.9	13.3	12.0	12.6	15.6	15.6	15.9	
7	9	13.5	13.0	11.6	12.2	15.6	15.6	15.7	
7	10	12.2	12.2	11.7	11.6	15.5	15.5	15.6	
7	11	11.4	11.4	11.6	11.1	15.3	15.5	15.5	
7	12	9.5	11.2	11.4	10.9	15.1	15.4	15.5	
7	13	8.5	9.5	11.9	10.8	14.9	15.3	15.5	32.3
7	14	20.4	9.5	10.5	10.9	14.8	15.3	15.4	
7	15	16.8	9.7	10.4	10.0	14.6	15.1	15.2	
7	16	14.9	9.8	10.0	10.0	14.4	14.8	15.0	
7	17	13.4	9.8	10.0	9.9	14.1	14.8	15.0	
7	18	12.1	9.6	10.1	9.9	13.4	14.9	15.4	
7	19	9.7	9.2	9.6	9.8	13.2	14.7	14.8	
7	20	8.6	9.1	9.4	9.5	11.0	14.6	14.5	
7	21	8.1	8.9	9.3	9.2	9.9	9.9	14.1	37.4

Continuação

TABELA 7.2 - Umidade do solo (volume %) 3 atm, feijão 89, EPABA.

Mês	Dia	Profundidade do solo (cm)							Água aplicada (mm)
		10	20	30	40	60	80	100	
7	22	20.6	9.0	9.2	9.1	9.7	9.9	14.3	
7	23	16.9	9.3	9.3	9.2	9.8	10.1	14.2	
7	24	14.0	9.4	9.3	9.4	9.8	10.1	14.0	
7	25	12.5	9.4	9.3	9.4	9.8	10.0	14.2	
7	26	11.3	9.1	9.2	9.2	9.5	9.5	13.6	
7	27	9.5	8.9	9.0	9.1	9.5	9.7	13.0	
7	28	8.3	8.7	8.9	8.9	9.4	9.6	12.9	36.6
7	29	21.5	13.7	9.3	9.0	9.4	9.7	13.0	
7	30	18.2	15.8	9.1	9.5	9.5	9.8	13.3	
7	31	16.5	14.6	11.2	10.0	9.5	9.9	14.1	15.0
8	1	21.2	21.8	18.0	10.0	9.6	13.7	13.8	
8	2	18.7	18.5	17.1	11.4	9.6	13.4	13.7	
8	3	15.7	17.2	15.1	11.3	9.7	13.4	13.6	
8	4	13.9	16.2	13.7	11.2	9.7	13.5	13.3	
8	5	11.8	14.4	11.7	11.1	9.7	13.4	13.0	
8	6	11.2	12.9	11.0	11.0	9.7	13.3	12.7	
8	7	11.0	12.1	10.9	10.5	9.6	13.3	12.4	
8	8	9.9	11.3	10.8	10.0	9.5	9.7	12.1	
8	9	9.0	10.9	10.8	10.0	9.4	9.5	9.8	
8	10	8.3	9.6	10.3	9.5	9.2	9.4	9.7	36.5
8	11	15.5	11.2	9.5	10.9	9.2	9.4	9.5	
8	12	13.2	11.6	9.5	10.8	9.1	9.4	9.7	
8	13	11.6	11.4	9.4	10.7	9.1	9.3	9.7	
8	14	10.8	10.9	9.2	10.8	9.1	9.2	9.5	
8	15	10.8	10.9	9.1	9.9	9.1	9.2	9.5	
8	16	9.8	9.1	9.0	9.3	9.0	9.1	9.4	
8	17	8.9	8.8	9.0	8.9	9.0	9.1	9.3	36.9
8	18	18.4	17.2	9.0	9.7	9.0	9.1	9.3	
8	19	15.4	15.8	9.1	10.0	9.0	9.1	9.5	
8	20	13.5	14.6	9.2	10.8	9.1	9.2	9.6	
8	21	11.9	13.6	9.3	10.8	9.1	9.3	9.6	
8	22	11.7	13.3	9.4	11.0	9.2	9.3	9.7	
8	23	11.4	12.8	9.4	1+0	9.3	9.4	9.7	
8	24	11.0	12.1	9.3	9.9	9.3	9.4	9.8	
8	25	10.8	11.3	9.8	9.3	9.3	9.4	9.5	
8	26	9.3	10.8	9.2	9.6	9.2	9.4	9.8	

SEASONAL CHANGE OF DI-VALUES (DRYNESS INDEX) AND MODELING OF SOIL MOISTURE MOVEMENT IN THE CERRADO REGION

Kazuhiko Obha¹
Sebastião Francisco Figuerêdo²

SUMMARY - To estimate the water loss from cultivated fields in the Cerrado region, the actual (AET) and the wet environmental evapotranspiration (PET) were calculated, and the soil water movement of irrigated fields were simulated using the "TANK" model. The AET and PET values were estimated by using the Morton method (1983) based on general meteorological data. The seasonal changes of the soil dryness index (DI) were calculated using these evapotranspiration values. The DI which was very low in the rainy season (October - April), increased after the end of the rainy season, gradually from the value of 0.7 to 0.8 in the mid-dry season. There was a good agreement between the soil moisture data measured in the upland field, by using tensiometers and the ones calculated based from TANK model. This agreement suggests that the TANK model can be used to estimate the soil water movement from an upland field based on the precipitation and the physical properties of soil recorded in this area.

1. Introduction

The Cerrados of Brazil account for about 21 percent of the total land area ($850 \times 10^4 \text{ km}^2$) of the country. The annual mean temperature in this region ranges from 22°C in the southern part to 27°C in the northern part. The monthly mean temperature at CPAC which is located in the center of the region varies from 26.7 °C in October to 17.7°C in July. Although annual precipitation generally amounts to 1200-1800 mm, 90 percent is concentrated in the warm rainy season from October to April: the remaining period of the year is the dry season with scanty precipitation. Moreover, the warm rainy season is often interrupted by considerably long dry spells called "Veranico". These water balance conditions limit the crop season and contribute to the instability of production in the Cerrados.

¹ Soil Sciences Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agrícola, EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

The major strategy for efficient and stable crop production in the region is, therefore, to develop adequate irrigation techniques and suitable cropping systems involving irrigation for the respective sub-regions.

In the present paper, the Morton model was used to estimate the actual (AET) and potential evapotranspiration (PET). The results obtained were analyzed to examine the seasonal changes in daily precipitation, dryness index (DI) and irrigation requirement.

On the other hand, various researchers have attempted to develop a method of estimation of the soil water movement based on meteorological data. In the present study, the "TANK-model" method was applied to make an accurate forecast of the discharge in the drainage basin. The TANK-model method was evaluated in order to estimate the soil water content and the ground water level in the upland fields of the Cerrados.

This study was carried out as a part of the research programme under the Japan-Brazil Agricultural Research Cooperation Project.

2. Materials and Methods

2.1 Estimation of actual and wet environmental evapotranspiration

The method based on the Morton's model (Morton, 1983) is described in Appendix 1. ETW and ETP, and consequently AET, were calculated without tuning empirical coefficients in the model. The calculations were made for the weather station of CPAC in this region using mean values of air temperature covering a five and ten year period, and relative humidity, sunshine duration, precipitation recorded during the period from 1978 to 1990.

Appendix 1

The Morton model (1983) was used to estimate the actual evapotranspiration (AET).

$$A_{ET} = 2E_{TW} - E_{TP}$$

$$E_{TP} = R_T - \lambda f_T (T_p - T)$$

$$R_{TP} = E_{TP} + \gamma p f_T (T_p - T)$$

$$E_{TW} = b_1 + b_2 (1 + \gamma p / \Delta_p)^{-1} R_{TP}$$

where E_{TW} (PET) is the wet-environmental actual evapotranspiration ($W.m^{-2}$), E_p is the potential evapotranspiration ($W.m^{-2}$), R_T is the net radiation for the soil plant surface at ambient temperature, R_{Tp} is the net radiation ($W.m^{-2}$) for the soil plant surface at the potential evapotranspiration equilibrium temperature (T_p , °C), T is the average of maximum and minimum temperature (°C), f_T is the water vapor transfer coefficient ($W.m^{-2}.mb^{-1}$), λ is the heat transfer coefficient ($mb. °C^{-1}$), p is the atmospheric pressure (mb), Δ_p is the slope of the saturation vapor pressure temperature curve at T_p , γ is a psychrometric constant, b_1 and b_2 are empirical constants with values of $14W.m^{-2}$ and $1.20W.m^{-2}$, respectively.

In the model, net radiation is estimated from the following empirical equation:

$$RT = (1-a_c) St + 0.92 \sigma (T + 273)^4 * [1 - (0.71 + 0.007e_a p/ps)(1 + \rho)]$$

$$St = D.S_o + (0.08 + 0.30D)(1 - D) Se$$

where St is the incident solar radiation ($W.m^{-2}$), So is the clear sky global solar radiation ($W.m^{-2}$), Se is the extra-atmospheric global solar radiation ($W.m^{-2}$), D is the ratio observed to maximum possible sunshine duration, a_c is the minimum albedo, e_a is the vapor pressure of air (mb), ρ is a function of the cloud cover or D , σ is the Stefan-Boltzman constant, p/ps is the ratio of atmospheric pressure at the station to that at sea level.

2.2 Physical properties of the oxisol profile in the Cerrados

The amount of water that can be stored in soil for plant growth is very important for agriculture, especially in areas with a distinct dry season. The physical properties of the Cerrado soils were investigated by several researchers. Figure 1 shows the physical properties of the soil profiles analyzed at CPAC by Hayasaka & Freitas Jr. (1987). Pits 1 and 2 represented the upland field with red-yellow soil and the orchard field with dark-red latosol. As in the case of the field capacity, the solid phase accounted for about 35-45 percent of all the soil profiles. The water content-pF curves of representative soils using undisturbed samples are presented in Figure 2. Data on the Cerrado soils were reported by Kubota & Carvalho (1983), Hayasaka & Freitas Jr. (1987), Iwama et al. (1987) and Miyazawa et al. (1990). The measurements were performed from the ground surface to a 1.0 m depth for each horizon with 2-3 replications in the cultivated field of CPAC and Cerrado region.

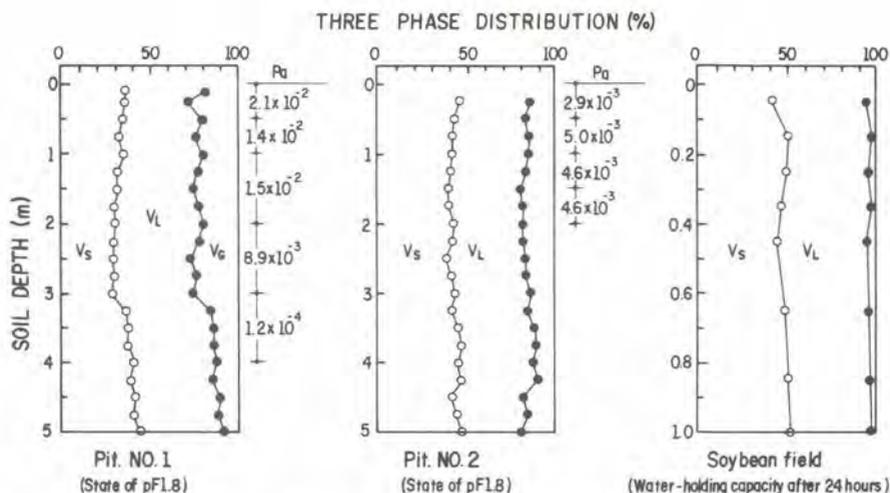


FIG. 1 - Physical properties of soil profile at CPAC in Cerrados.

The non-linear regression analysis of the plotted data in Figure 2 indicates that, the relationship between the volumetric soil water content (%) and the pF-value can be well approximated by the equation:

$$Y = 64.76 - 5.31 * X - 5.38 * X^2 + 1.07 * X^3 \dots\dots\dots (1)$$

where Y is the volumetric soil water content (%) and X is the pF-value. Eq. (1) can be used to estimate indirectly and easily the soil water content (vol. %) from the pF-value or soil water tension.

The calculation based on the TANK model used simulated data of the soil water content from several field crops measured by Hayasaka & Freitas Jr. (1987) and Miyazawa et al. (1990).

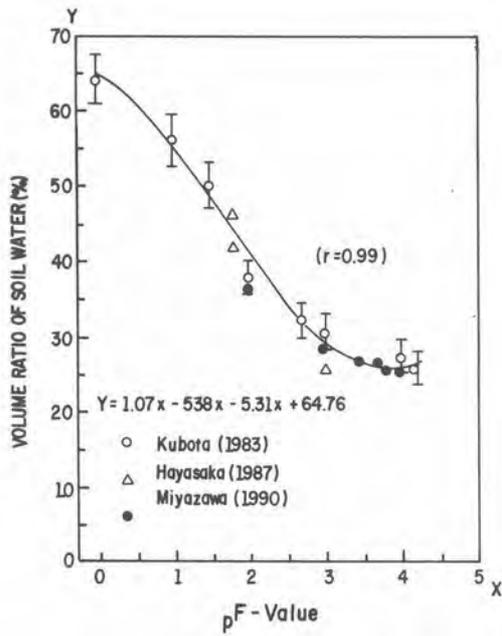


FIG. 2 - Curve representing the moisture characteristics of Cerrado soils.

3. Results and Discussion

3.1 Frequency distribution of daily precipitation

Figure 3 shows an example of the frequency distribution of daily precipitation was measured at CPAC from 1986 to 1990. It is important to indicate that in the wet season, the ratio of cloudy sky ranged from 0.307 in April to 0.697 in December, with an average value of 0.496 in the remaining period of the year, the ratio ranged from 0.033 in June to 0.180 in September.

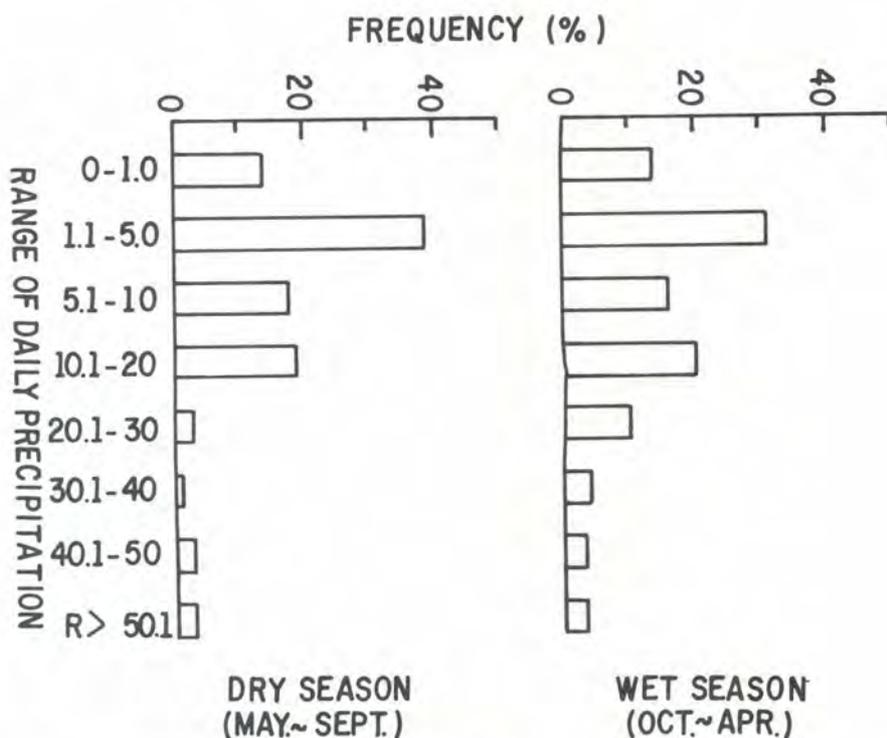


FIG. 3 - Frequency distribution of daily precipitation during the period from 1986 to 1990 at CPAC.

Figure 3 shows that the ratio of ineffective rainfall was 44.5% in the wet season and 52.8% in the dry season, while the ratio of effective rainfall fell into the range of 10.1 mm to 20.0 mm for 20 percent of cloudy days. The effective rainfall related to irrigation was defined as follows: $5.0 \text{ mm/day} < R \leq 80.0 \text{ mm/day}$, while the ineffective rainfall was $R < 5.0 \text{ mm/day}$ and $R > 80.0 \text{ mm/day}$ in the irrigation plan of Japan. Based on this definition, the data of daily precipitation at CPAC were calculated. The effective rainfall ranged between 850 mm and 1300 mm during the wet season.

3.2 Seasonal change in AET and PET

Weather data obtained during the rainy season of 1980/81 with scanty precipitation or a long period of "veranico" and 1989/90 with abundant precipitation and a short period of veranico at the CPAC-station were analyzed in terms of the seasonal changes in AET and PET. The seasonal changes in AET and PET so obtained are shown in Figure 4 and Figure 5, together with those of related meteorological parameters.

In the wet season, the air temperature ranged from 19.0°C to 25.0°C, while the seasonal changes in solar radiation fluctuated markedly. The daily values of AET calculated for the wet season of 1989/90 were in the range of 0.8 mm to 6.0 mm with an average value of 3.5 mm, which agreed well with the average evapotranspiration for the soybean crop field measured with a lysimeter in this region (Horie & Luchiari Jr. 1981, Espinoza Garrido, Waldo 1980).

However, the relative humidity characterizing the dryness of the air decreased significantly with time from about 85 percent in the wet season to about 70 percent in the period of veranico and dry season. This significant decrease in the relative humidity corresponded to the dry spells prevailing in this region.

Ohba (1987) estimated the dryness index of the climate (DI) in Thailand using the Morton model. The following DI-value was introduced to characterize the intensity of the dry spell.

$$DI = 1 - (AET/PET) \dots\dots\dots (2)$$

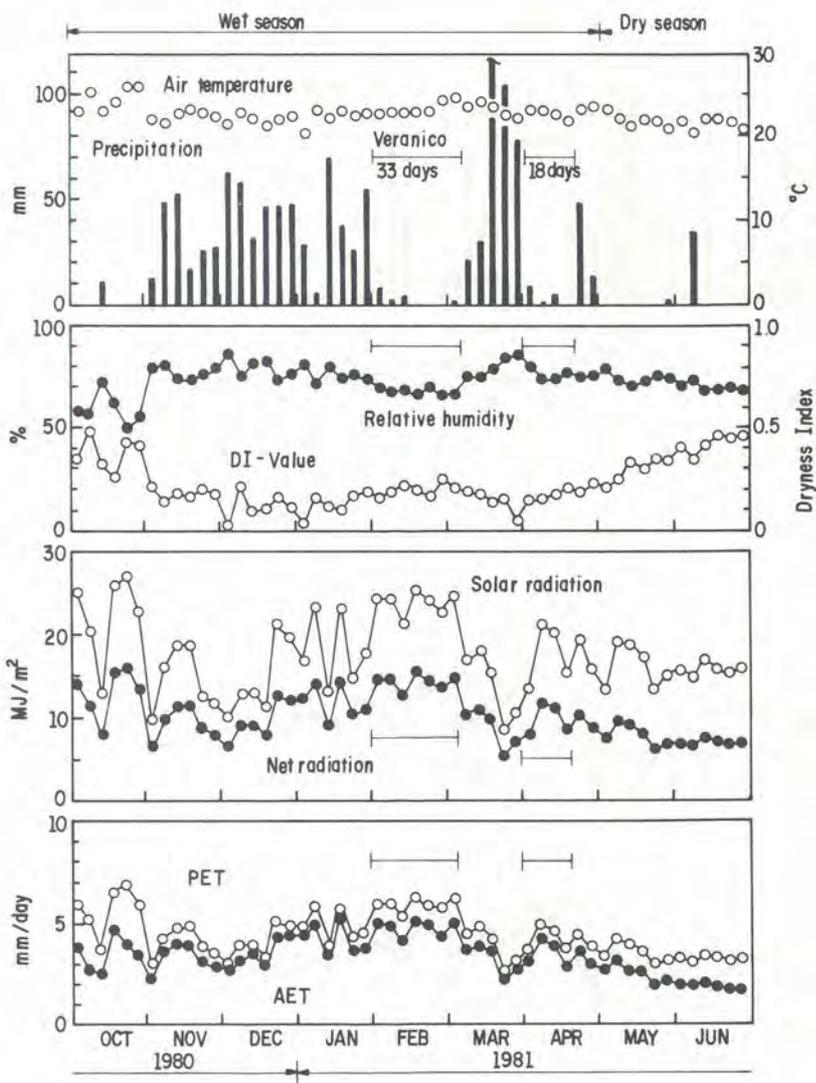


FIG. 4 - Seasonal variation of actual and potential ET, dryness index (DI) and relevant weather parameters during the period from October 1980 to June 1981.

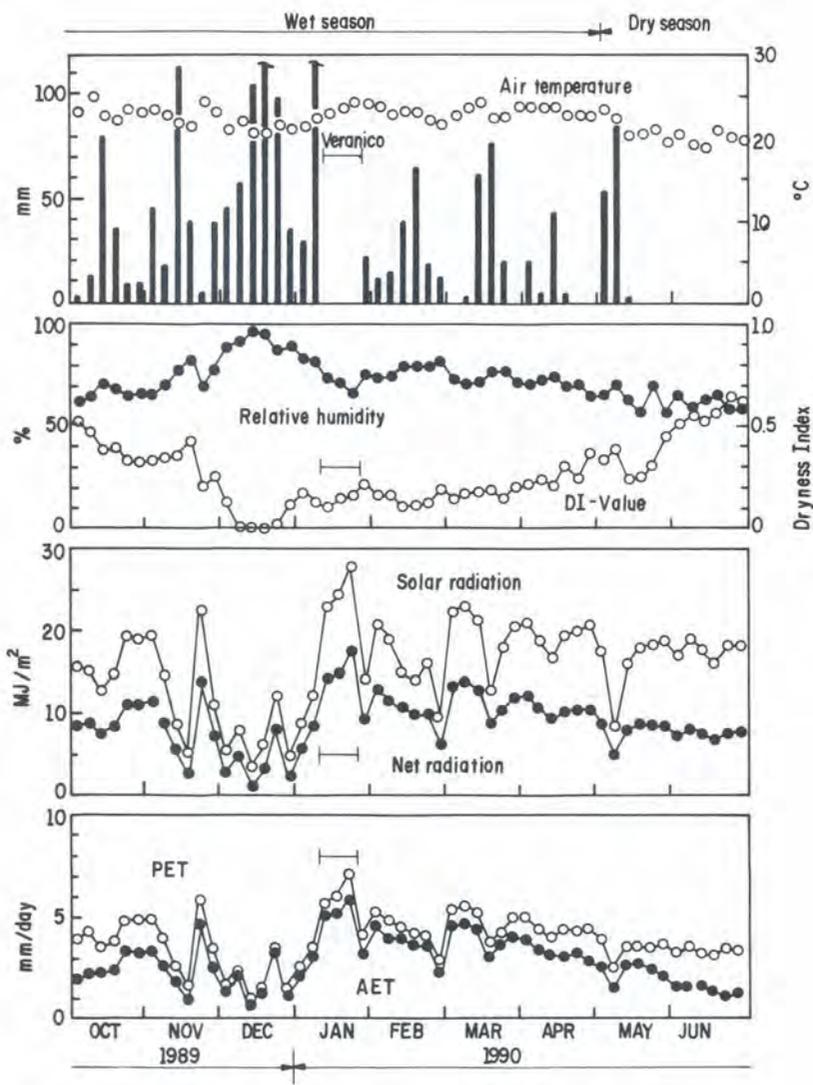


FIG. 5 - Seasonal variation of actual and potential ET, dryness index (DI) and relevant weather parameters during the period from October 1989 to June 1990.

This index is very similar to the Crop Water Stress Index (CWSI) used by several researchers (Jackson, 1982) to characterize the water stress and crop yield relationships.

At the end of the wet season, the daily DI-value increased linearly with time from 0.2 in April to 0.6 in June, and the DI-value remained at the high level of 0.7 to 0.8 during the dry season. The seasonal changes of the DI-value as described above reflected the seasonal changes of the weather parameters, particularly precipitation.

3.3 Annual changes of DI-values and irrigation requirement for selected years

Figure 6 compares the annual variations of the DI values calculated for 1983 when the precipitation was abundant and 1986 when the precipitation was scanty. No significant difference in the DI-values among these two years was observed during the dry season unlike in the wet season. In 1983 (a year with abundant precipitation), the DI-values during the wet season ranged from 0.05 and 0.25, suggesting that water stress was unlikely to occur. In 1986 (a year with scanty precipitation), the DI-value for the wet season ranged between 0.35 and 0.55 as observed usually during an ordinary dry season.

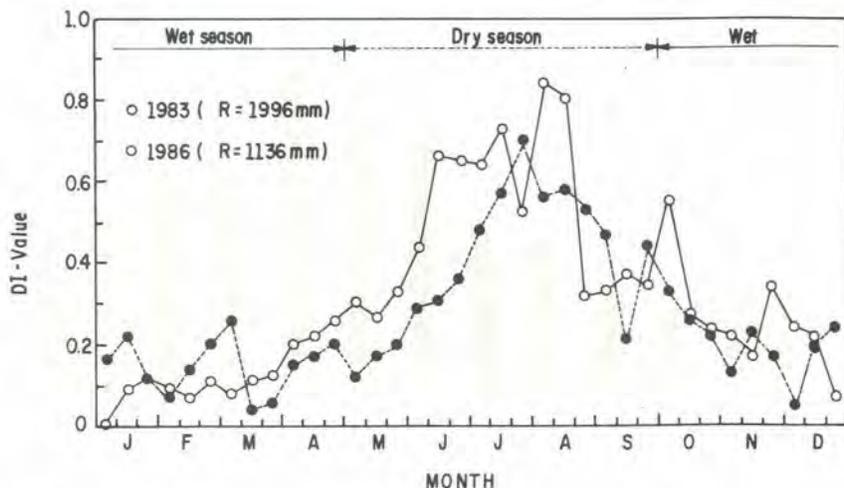


FIG. 6 - Annual changes of DI for selected two years.

Using the dryness index described above, the irrigation requirement (IR) was expressed as follows:

$$IR = PET \cdot DI \dots\dots\dots (3)$$

The IR-values over a 10 year period were estimated from eq.(3) using the weather data collected at CPAC for a period of 10 years. The total values of the irrigation requirement (monthly IR) over a 10 year period estimated from eq.(3), ranged from 15 mm to 40 mm in the wet season and 20 mm to 72 mm in the dry season. Based on the results shown in Figure 7, it was concluded that the irrigation requirement varied significantly depending on the seasonal changes in the dryness index characterizing the aridity of the climate.

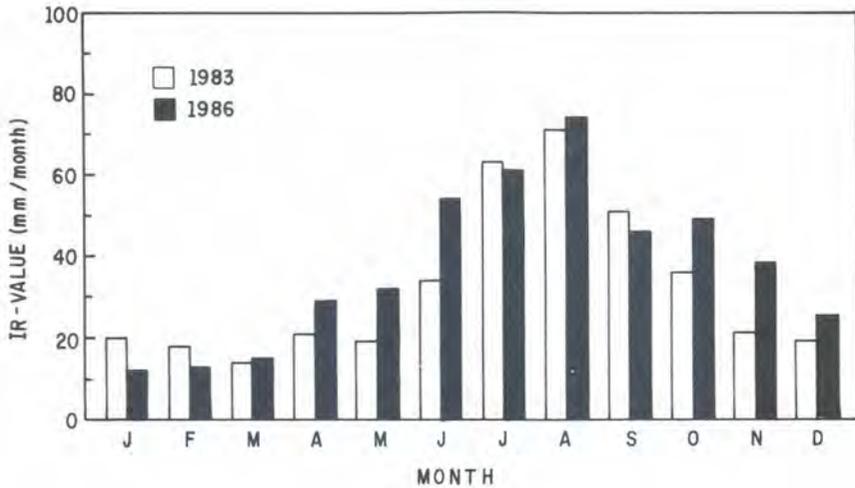


FIG. 7 - Annual changes of IR-values for selected two years.

3.4 Simulated soil moisture movement of upland field.

The movement of soil moisture is very important for crop production. The TANK model used for the estimation of the soil moisture shown Figure 8 belonged to the five-step type. The TANK coefficients described in Figure 8 were determined based on the soil water constant shown in Figure 9. The level of evaporation pore and percolation pore corresponded to a pF value of 2.7 (rupture of capillary bond) and pF value of 1.8 (field capacity), respectively. The levels of evaporation pore, percolation pore and surface runoff pore were determined empirically. Figure 10 shows the flow chart of the calculation of the soil moisture movement in a cultivated field by using the coefficient described above. The results obtained enabled to compare the estimated soil moisture with the measured one in the upland field shown in Figures 11 and 12.

These figures show that there was a good agreement between the soil moisture data measured in the upland field using a tensiometer and the soil moisture calculated from the TANK model. The results showed that the soil moisture calculated from the TANK model enabled to determine the soil moisture movement at a soil depth with a higher soil moisture with an accuracy in the order of $\pm 10\%$. As an example of the long period of veranico in recent years (1981), we estimated the soil moisture content of the upland field. The results obtained are shown in Figure 13. The plow sole (0-50 cm) decreased from 200 mm to 156 mm at the end of veranico.

These findings suggest that the TANK model can be applied to estimate the soil moisture movement from an upland field based on the precipitation and physical properties of soil recorded in this region.

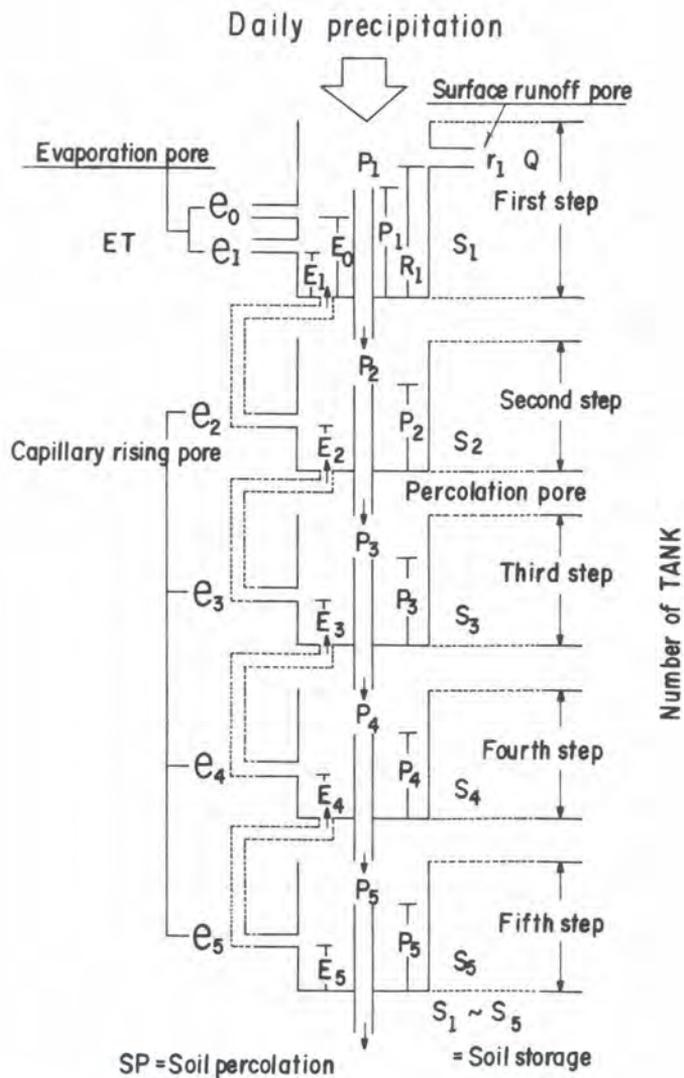


FIG. 8 - Schematic illustration of the "TANK" model.

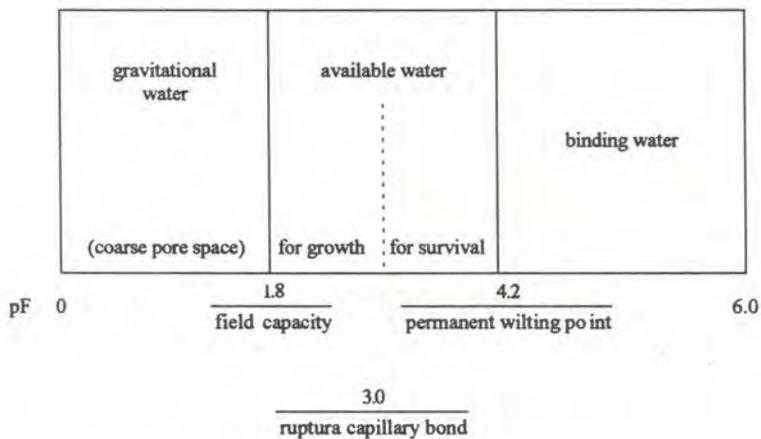
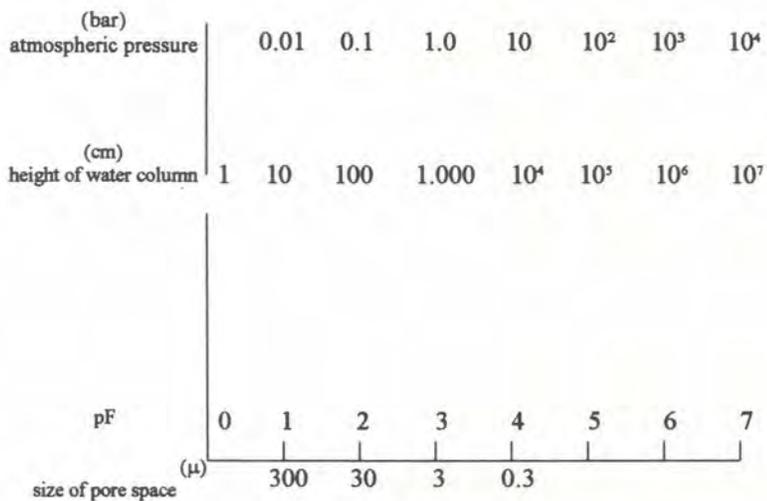


FIG. 9 - Physical theory of soil moisture (by Hayasaka).

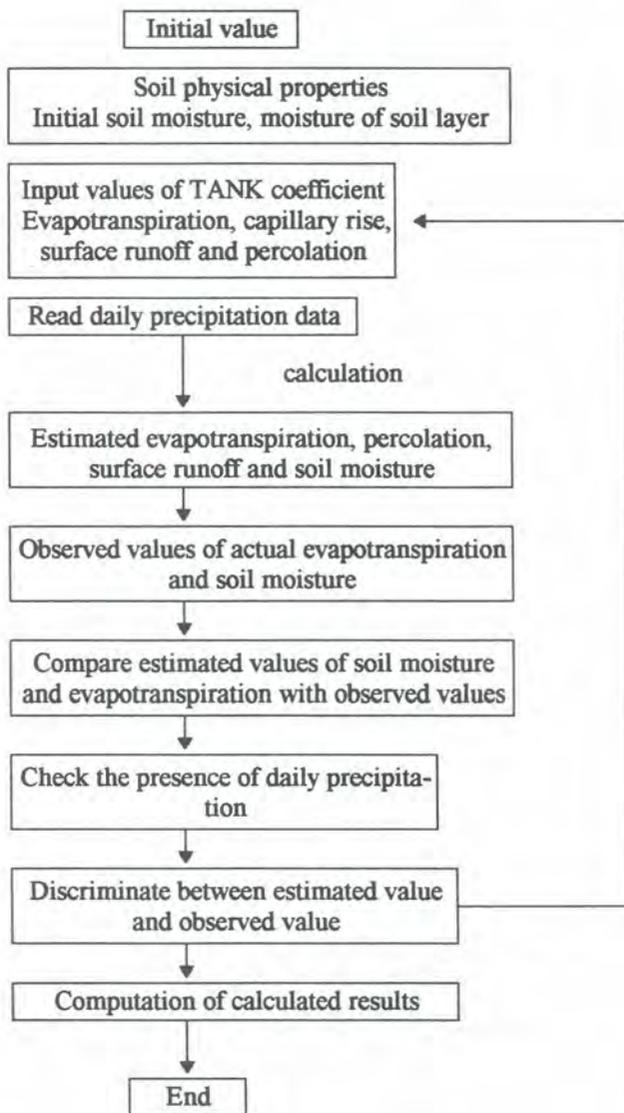


FIG. 10 - Flow chart of the soil moisture movement in cultivated upland field.

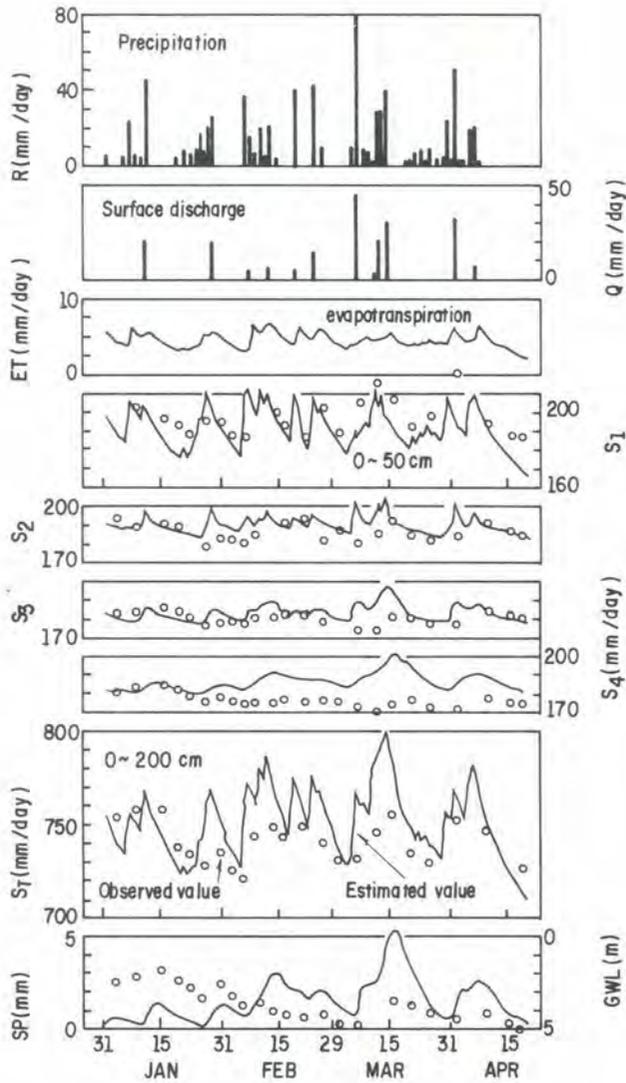


FIG. 11 - Comparison of estimated values of soil moisture, ground water level and evapotranspiration in Pit 1 with observed values.

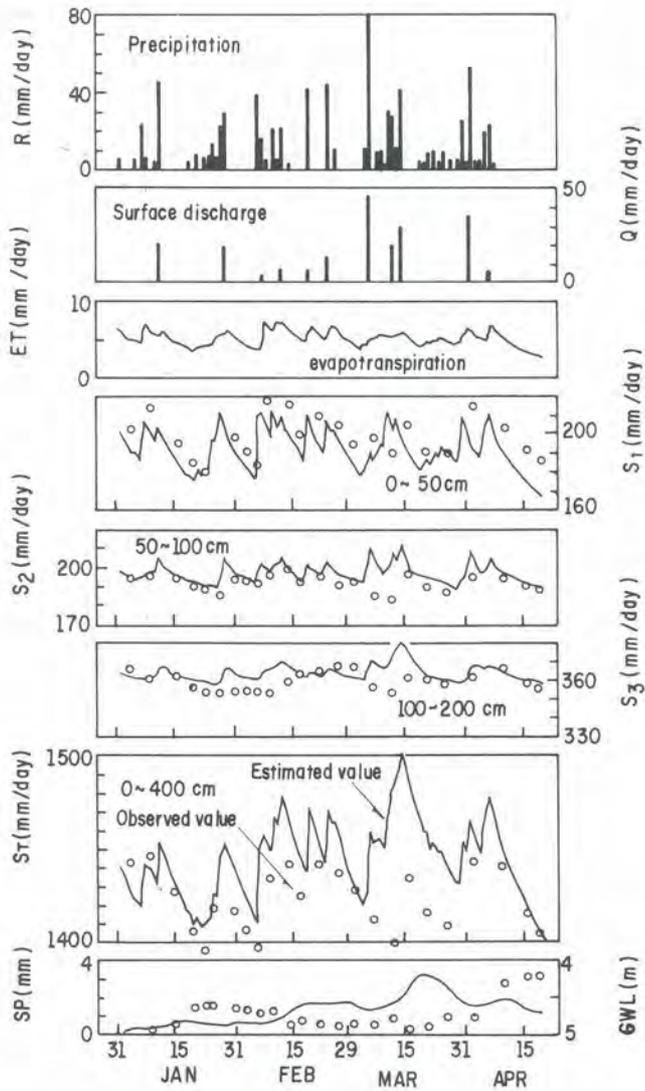


FIG. 12 - Comparison of estimated values of soil moisture, ground water level and evapotranspiration in Pit 2 with observed values.

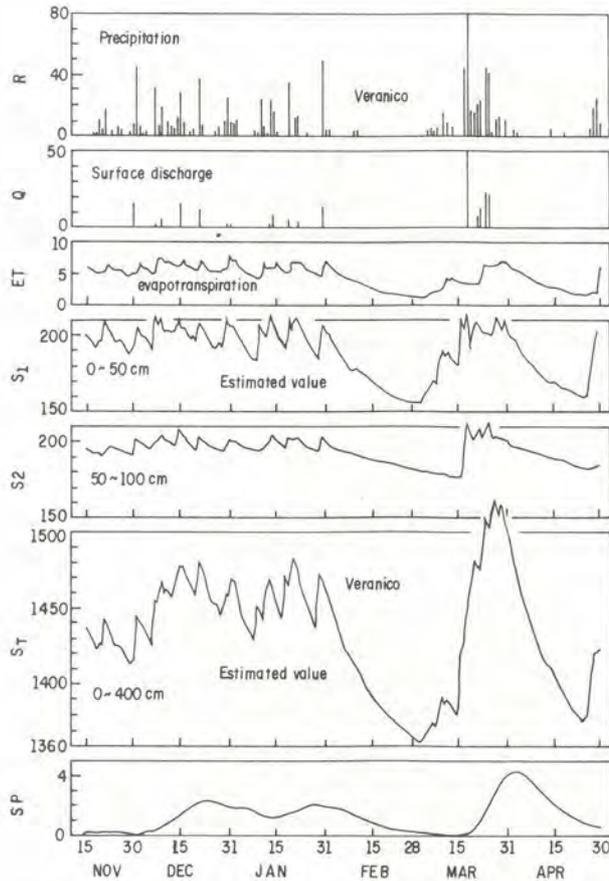


FIG. 13 - Seasonal variation of the soil moisture estimated during a long spell of Veranico in 1981.

Acknowledgement

The authors would like to express their gratitude to Dr. Tadashi Morinaka and Dr. Nobuo Kosuge, JICA Team Leader and Expert of Japan-Brazil Agricultural Research Cooperation Project, respectively, for their continued support. The assistance extended by the CPAC staff members and JICA expert team are acknowledged.

References

- ESPINOZA GARRIDO, W.; SILVA, E.M. da; SOUZA, O.C. de. **Irrigação de trigo em solo de Cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 15, n. 1, p.107-115, 1980.
- HAYASAKA, T.; FREITAS Jr, E. **On the behaviors of soil moisture and ground water level concerned with the topography in Cerrados**. Planaltina: (s.n.), 1987, p.15-51. Final Report submitted CPAC.
- HORIE, T.; JUNIOR, A.L. **Evapotranspiration rate from an irrigated soybean field in Cerrados as measured by energy balance method**.. Final Report submitted CPAC.
- IWAMA, H.; KAKAGAWA, J. **Soil fertility and management of tropical upland soil in Brazil**: Technical Document of TRAC nº 74, p.1-113, 1988.
- JACKSON, R.D. **Canopy. Temperature and Crop Water Stress**. In: HILLEL, D., ed. **Advances in irrigation**. New York: Academic Press, 1982. v.1, p.43-85.
- KUBOTA, T.; CARVALHO, J.L.C.B. **Physical properties of Cerrado soils and their changes caused by cultivation of arable crops**. Planaltina: (s.n.), 1983, p.3-19. Final Report submitted CPAC.
- MIYAZAWA, K.; FIGUERÊDO, S.F.; PERES, J.R.R.; ANDRADE, L.M. Planaltina: (s.n.), 1990, p.1. Final Report submitted CPAC.
- MORTON, F.I. **Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology**. Journal Hydrology, v. 66, p.1-76, 1983.
- OHBA, K.; PAITON, P. **Evapotranspiration in the Northeast district of Thailand as estimated by Morton method**. Journal of Agricultural Meteorology, v. 42, n. 4, p.329-336, 1987.
- OHTA, K. **Modeling the soil moisture of upland field**. Nougyo & Engei, v. 66, n. 11, p.1271-1277, 1990.
- SAKURATANI, T.; JUNIOR, A.L. **Methods for estimating potential evapotranspiration from climatic data in Cerrados**. Planaltina: (s.n.), 1982, p.123-139. Final Report submitted CPAC.

IMPROVEMENT OF COMPACTED LAYERS OF LATOSOLS UNDER DIFFERENT PLOWING SYSTEMS

Seiko Osozawa¹
Dimas Vital Siqueira Resck²

Introduction

In the Cerrado region, the Latosols (Oxisols), accounting for about 46% of the soils in the area (1), show adequate intrinsic and physical properties due to the proper developing of aggregate structure. In spite of these favorable properties, a compacted layer is formed which increases soil hardness, reduces soil aeration and water infiltration, hence the restriction to the elongation of crop roots.

Normally, fields are plowed using heavy disk harrow instead of a disk or moldboard, which reduces the soil macroporosity through the formation of a compacted layer at a 10 to 20 cm depth in the soil profile.

Generally, the compacted layer is formed just below the cultivated layer and it shows a bulk density (about 1.2 to 1.3 g/cm³) higher than the other layers. However, it has been observed that hard layers are also formed without significant changes in the soil bulk density. Changes in the bulk volumetric properties may not be as important for plant growth as the associated increased strength and the reduction of conductivity, permeability and diffusivity of water and air through the soil pore system (8). Some treatments to alleviate the effects of the compacted or hard layers are needed.

Therefore this experiment was conducted to compare (ways) of improving soil physical properties affecting crop growth in a Dark-Red Latosol, using different implements.

¹ Soil Physic Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

Materials and Methods

Field:

The experimental field consisted of a Clayey Dark-Red Latosol (45% of clay, textural class sandy clay) at CPAC. In this field, wheat had been grown for about ten years followed by a fallow period of two years.

The chemical properties of the soil were as follows: pH(H₂O), 5.3-5.5, 5.4-5.6, exch-Al content, 0.04-0.05, 0.25-0.39 meq/100ml, exch-Ca content, 3.19-3.65, 1.05-1.35 meq/100 ml, ext-P content, 10.7-13.1, 0.8-1.7 µg/mg and organic matter content, 2.2-2.8, 1.3-1.8% in the surface layer (0-5 cm) and sublayer (45-60 cm), respectively.

The following treatments were applied five months prior to the experiment.

heavy disk harrowing ---- * no organic compound applied

* organic compound applied (compost) (20 t/ha)

disk plowing ----- * no organic compound applied

* organic compound applied (compost) (20 t/ha) fallow plot (control plot)

The experimental plot size was 9 x 12m for each treatment with two replications.

Measurements:

1 Soil water retention curve (for 3 or 4 layers/plot)

2 Soil hardness vs. soil moisture tension (θ_0) Soil hardness was measured by using a cone penetrometer in the field in relation to the soil moisture tension. In general, the soil hardness increased with drying. It is generally recognized that the crop roots cannot penetrate in soils with a soil hardness value above 15 kg/cm² (2,7).

3 Soil-gas diffusion vs. soil moisture tension (θ_0) Soil aeration occurs mainly by gas diffusion. Gas diffusion coefficient in soil was measured in relation to the soil moisture tension (5). It is generally recognized that the roots cannot respire in soils with a relative gas diffusion coefficient (D/DO) value below 0.02 (3,9).

4 CO₂ concentration and CO₂ flux (for 3 of above 5 treatments) Respiration activity of soil microorganisms leads to CO₂ evolution in upland fields. In general, the high respiration activity of soil microorganisms reflects a high decomposition rate of soil organic matter which affects the soil physical properties.

- 5 Available (Non-Limiting) water range (for 3 or 4 layers/plot) From the results of (1)-(3), Non Limiting Water Range (4) can be obtained: 1. Moisture range in which crop can absorb water easily; 2. Water quantity which a crop can absorb easily.

Results and Discussion

There was no significant difference in the water retention capacity of undisturbed soils between the treatments and layers. One set of the soil water retention curves is shown in Figure 1. The true density of the solid particles and bulk density did not differ significantly between the treatments and layers (the former ranged from 2.64 to 2.70 g/cm³, the latter ranged from 0.93 to 1.03 g/cm³).

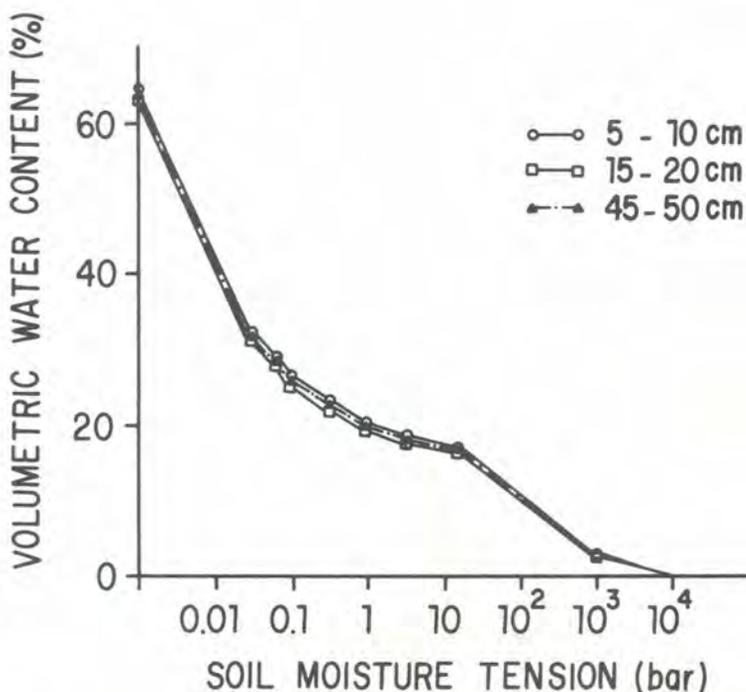


FIG. 1 - Soil water retention curves. (heavy disk harrow plot)

Examples of the relationship between the soil hardness and soil moisture tension are shown in Figure 2. The fallow plot clearly displayed a compacted layer below the surface layer. Heavy disk harrowing without organic matter application did not improve appreciably the compacted layers. Addition of organic compounds decreased the soil hardness, especially in the disk plowing plot.

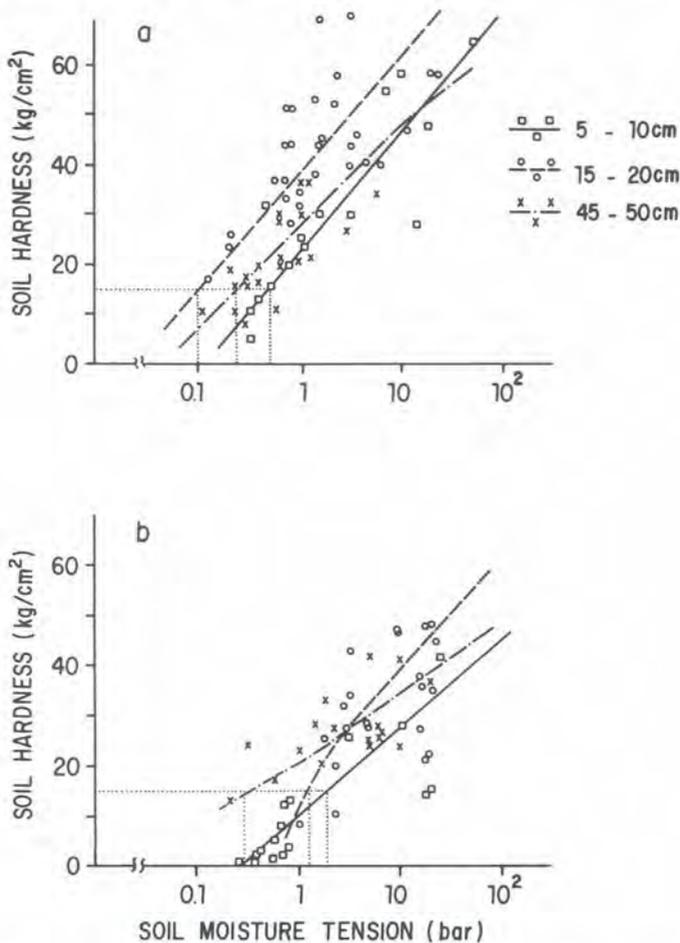


FIG. 2 - Relationship between soil hardness and soil moisture tension. a: fallow plot; b: disk plow + organic compound plot.

Examples of the relationship between the relative gas diffusion coefficient (D/D_0) and soil moisture tension are shown in Figure 3. In the experiment field, gas diffusion was satisfactory in comparison with some soils in Japan (Gray Lowland soils, Yellow soils, etc.) (6). Addition of organic compounds still improved the gas diffusion in soil.

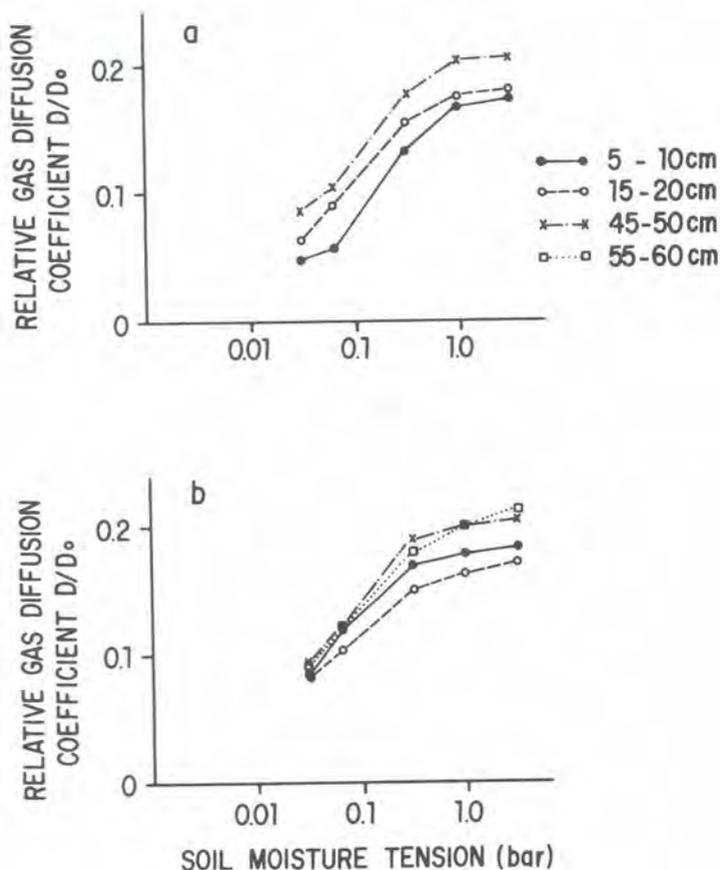


FIG. 3 - Relationship between relative gas diffusion coefficient and soil moisture tension. a: fallow plot; b: disk plow + organic compound plot.

Compacted layers showed CO₂ concentrations higher than those in adjacent layers as shown in Figure 4, revealing the presence of a CO₂ flux both upward and downward in the compacted layers. The above phenomenon seemed to disappear by disk plowing with organic compound application due to the no existence of the compacted layer.

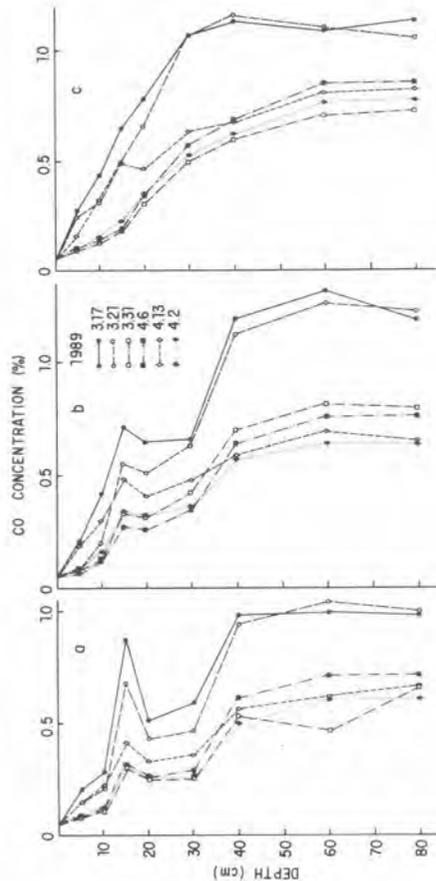


FIG. 4 - CO₂ profile in dark-red Latosol. a: fallow plot; b: disk plow + organic compound plot; c: disk plow + organic compound plot.

Available non-limiting water range (NLWR) is shown in Figure 5. In such a range, crop roots appeared to absorb water without restriction associated with the poor soil aeration and/or high value of soil hardness. In the compacted layer the available non-limiting water (2.6 vol %) did not increase too much neither with heavy disk harrow (3,0 vol %) nor with heavy disk harrow + organic compound (4,7 vol %) wich was comparable to the disk alone (4,7 vol %), but had a 170% of improvement over that compacted layer (fallow plot).

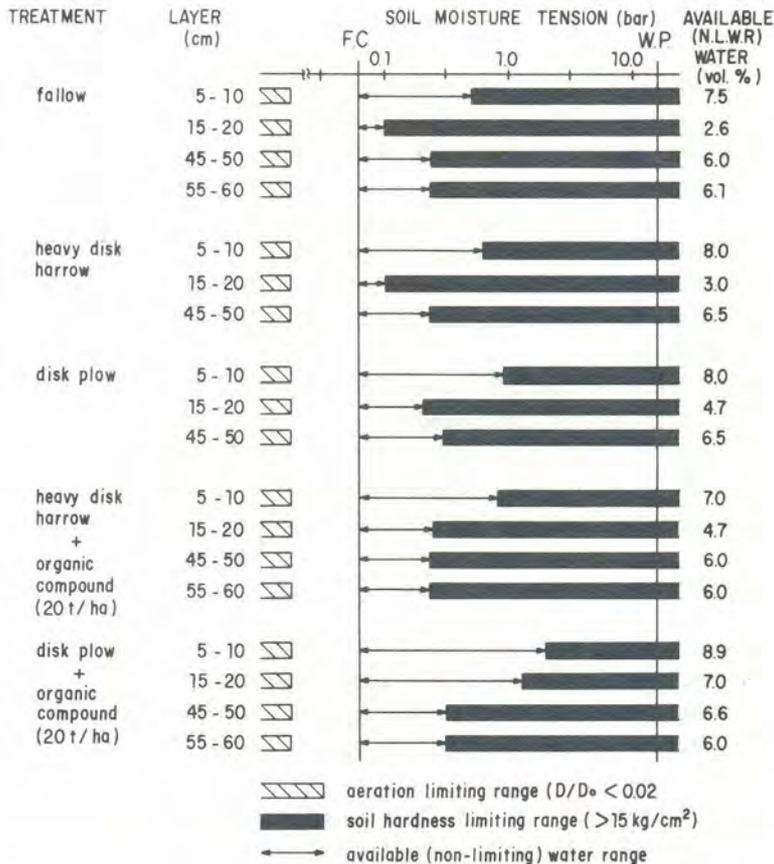


FIG. 5 - Available water ranges in Dark-Red Latosols.

Concerning the mechanism of soil compaction, the moisture conditions of the soil have been found to be an important factor in addition to the seasonal changes in the soil moisture content. In the Latosols, since the cohesion of the soil particles significantly increases during the drying process, soil hardness increases. In the Cerrados, soil wet and dry conditions alternate several times throughout the year. The increase of soil hardness under drying process either in the dry season or during the dry spells in the rainy season could be the most important factor involved in soil compaction, suggesting changes on the hydration degree at the mineralogical level.

Conclusions

1. Compacted layer in Dark-Red Latosols seemed to be formed without concomitant changes in the bulk density.
2. In the compacted layer, the soil hardness markedly increased with drying.
3. Gas diffusion in Dark-Red Latosols was fairly good and did not appear to restrict root elongation into soil.
4. The increase of the soil hardness under the drying process seems to be the main physical constraint in the Dark-Red Latosols in the Cerrado region.
5. Soil hardness could be ameliorated by disk plowing with the application of organic compounds.
6. The compacted layers in fallow plots had higher CO₂ concentrations than adjacent layers suggesting that CO₂ diffused both in upward and downward directions from the compacted layer.

Acknowledgement

S. oozawa has been staying at the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Brasília D.F. as a short term consultant under the Cooperation Project for the Research Program on Agricultural Production in the Acid "Savanna" Region of the Cerrados for three months from February 12 to May 5, 1989.

During this period, we did some measurements on ongoing soil compaction experiment in Latosols being carried out at CPAC. The results obtained are described in this paper.

We wish to express our cordial thanks to Dr. Carlos Magno Campos da Rocha, Chief of the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados

(CPAC), for his continuous encouragement. We deeply thank Miss Nair Seiko Hayashida for her support. Our sincere thanks are also due to the members of the laboratory of soil physical and hydrological analysis, for their generous assistance during the course of the studies. We are much obliged to Dr. Bunkichiro Watanabe (Team Leader of the Project), Mr. Yoshimune Nihei (Coordinator of the team), Mr. Alberto Yuji Sugimoto (Administrative assistant of the team), Dr. Kazuo Miyazawa (Expert on soil Physics) and other Japanese experts for their constant advice and encouragements. We wish to thank the Japan International Cooperation Agency (JICA) for the financial support for this study.

References

- ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.G.; NETO, J.M. **Caracterização da região dos Cerrados**. In: GOEDERT, W.J., ed. Solos dos Cerrados: estratégias. (Planaltina): EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados São Paulo: Nobel, 1986. p.33-74.
- BOONE, F.R.; VEEN, B.W. The influence of mechanical resistance and phosphate supply on morphology and function of maize roots. **Neth. J.Agric.Sci.**, v. 30, p.179-192, 1982.
- GRADWELL, M.W. Soil physical conditions of winter and the growth of ryegrass plants. I. Effects of compaction and puddling. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 8, p.238-269, 1965.
- LETEY: adv. in soil Sci., 1.
- OSOZAWA, S.; KUBOTA, T. A simple method to determine gas diffusion coefficient in soils. **Japan Journal Soil Science Plant Nutrition**, v. 58, p.528-535, 1987.
- OSOZAWA, S. Measurement of soil-gas diffusion coefficient for soil diagnosis. **Soil Physical Conditions and Plant Growth of Japan**, v. 55, p.53-60, 1987.
- SHIERLAW, J.; ALSTON, A.M. Effect of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. **Plant and Soil**, v. 77, p.15-28, 1984.
- SOANE, B.D.; BLACKWELL, P.S.; DICKSON, J.W.; PAINTER, D.J. Compaction by agricultural vehicles: A review I. Soil and wheel characteristics. **Soil & Tillage Research**, v. 1, p.207-237, 1980-81.
- STEPNIEWSKI, W. Oxygen diffusion and strength as related to soil compaction. 2. Oxygen diffusion coefficient. **Pol. J. Soil Sci.**, v. 14, p.3-13, 1981.

PROBLEMS IN CROP ROOT DEVELOPMENT IN LATOSOLS IN THE CERRADO REGION

Ikuo Kawauchi¹; Ariovaldo Luchiari Junior²; Marília Lobo Burle³

Introduction

To increase crop production in the cerrado region it is important to improve the soil chemical and physical properties to accelerate root development.

Studies on crop root development in the cerrado region have been conducted by many researchers. The cause of poor root development in the sub-surface layer has been mainly attributed to the low content of nutrients.

In this study, vertical root development of the crops in latosols in the Cerrados was investigated, and the correlation between the soil physical and chemical properties and crop root growth were analysed.

Materials and Methods

The observation of the root system was conducted using the crops planted in clayey Latosols at the CPAC field.

<i>Phaseolus</i> bean.....	Central pivot field
Alfalfa.....	Field for soil amendment experiment
Soybean (Variety: Tropical and Paranagoiana)	
.....	Field for breeding experiment
Maize (Treatment: Compost 20 t/ha and compost not applied)	
.....	Field for soil amendment experiment

Root distribution was investigated by applying the Monolith method. (50 cm x 100 cm x 12 cm) (Photo 1).

¹ Plant Physiology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

³ Eng.-Agr., EMBRAPA/CPAC.



PHOTO 1 - Monolith of Latosols in the Cerrados.
(Central pivot field in CPAC)

Results

1) Plowed layer contained a higher concentration of calcium, magnesium, potassium and phosphorus (Table 1).

TABLE 1 - Soil chemical properties.

(1) *Phaseolus* bean

cm	pH H ₂ O	Organic matter %	P Mehlich µg/ml	K µg/ml	Ca meq/100 ml	Mg meq/100ml	Al meq/100ml
0-10	5.4	3.38	50.1	23.8	3.04	1.45	0.04
10-20	5.4	3.34	14.6	130	4.07	2.73	0.0
20-30	5.6	3.19	2.7	32	2.72	1.62	0.06
30-40	5.5	2.21	1.0	17	1.24	0.83	0.28
40-50	5.5	2.06	0.9	13	0.90	0.76	0.21
50-60	5.1	1.91	0.9	9	0.40	0.48	0.28
60-70	5.0	1.57	0.9	8	0.48	0.45	0.08
70-80	4.9	1.37	0.9	7	0.44	0.45	0.02
80-90	4.8	1.28	0.8	6	0.40	0.35	0.03
90-100	4.7	1.23	0.8	5	0.42	0.45	0.03

TABLE 1 - Soil chemical properties (continue).**(2) Alfalfa**

cm	pH H ₂ O	Organic matter %	P Mehlich µg/ml	K µg/ml	Ca meq/100 ml	Mg meq/100ml	Al meq/100ml
0-10	5.8	2.75	16.3	63	6.74	1.34	0.0
10-20	6.0	2.75	11.0	55	5.51	1.08	0.02
20-30	6.0	2.52	10.0	54	5.74	1.10	0.02
30-40	5.8	2.29	1.5	13	1.71	0.60	0.02
40-50	5.1	1.97	1.0	8	1.02	0.30	0.81
50-60	5.0	1.60	0.8	4	1.36	0.42	0.49
60-70	5.1	1.37	0.7	3	0.91	0.28	0.50
70-80	5.4	1.60	0.9	4	0.42	0.10	0.56
80-90	5.1	1.37	0.7	3	0.50	0.18	0.36
90-100	5.3	1.24	0.7	3	0.44	0.16	0.34

(3) Soybean (Tropical)

cm	pH H ₂ O	Organic matter %	P Mehlich µg/ml	K µg/ml	Ca meq/100 ml	Mg meq/100ml	Al meq/100ml
0-10	5.6	1.92	8.2	43	5.52	7.83	0.04
10-20	5.8	1.97	5.0	21	5.43	8.60	0.05
20-30	5.6	1.77	1.6	15.	2.73	3.36	0.28
30-40	5.7	0.94	0.9	7	1.47	1.23	0.28
40-50	5.3	1.03	0.9	5	1.58	1.15	0.22
50-60	5.4	0.99	0.9	4	1.68	1.18	0.19
60-70	5.5	0.59	0.8	3	1.49	1.28	0.11
70-80	5.2	0.44	0.8	1	0.75	1.00	0.10
80-90	5.0	0.79	0.8	1	0.58	1.35	0.10
90-100	5.0	0.74	0.7	1	0.55	1.27	0.03

(4) Soybean (Paranagoiana)

cm	pH H ₂ O	Organic matter %	P Mehlich µg/ml	K µg/ml	Ca meq/100 ml	Mg meq/100ml	Al meq/100ml
0-10	5.8	1.63	16.4	131	4.11	5.46	0.13
10-20	5.6	1.72	7.3	53	4.50	6.68	0.16
20-30	5.3	1.33	2.0	19	1.69	1.84	0.37
30-40	4.9	1.03	1.1	8	1.83	1.53	0.36
40-50	5.5	0.69	1.0	7	1.57	0.63	0.22
50-60	5.7	0.84	1.0	5	1.28	0.48	0.21
60-70	5.5	0.49	1.0	3	0.88	0.33	0.13
70-80	5.4	0.54	0.9	2	0.89	0.33	0.06
80-90	5.3	0.30	0.9	2	0.93	0.39	0.02
90-100	5.3	0.64	0.9	2	0.85	0.54	0.0

(5) Maize (Compost not applied)

cm	pH H ₂ O	Organic matter %	P Mehlich µg/ml	K µg/ml	Ca meq/100 ml	Mg meq/100ml	Al meq/100ml
0-10	5.9	1.44	8.9	75	5.96	0.73	0.02
10-20	5.8	1.49	1.2	22	2.74	0.45	0.23
20-30	5.7	1.82	6.2	28	5.31	0.75	0.02
30-40	5.9	1.58	0.9	17	1.30	0.21	0.52
40-50	5.9	1.35	0.8	17	1.38	0.16	0.49
50-60	5.6	1.12	0.7	11	1.76	0.16	0.36
60-70	5.8	1.35	0.7	7	1.65	0.14	0.27
70-80	5.9	1.21	0.7	5	0.58	0.06	0.37
80-90	5.8	1.12	0.6	5	0.65	0.06	0.32
90-100	5.8	1.12	0.6	5	0.60	0.05	0.30

TABLE 1 - Soil chemical properties (continue).

(6) Maize (Compost applied)

cm	pH H ₂ O	Organic matter %	P Mehlich µg/ml	K µg/ml	Ca meq/100 ml	Mg meq/100ml	Al meq/100ml
0-10	5.8	2.80	10.2	61	4.61	0.38	0.18
10-20	5.7	2.52	8.9	34	5.07	0.55	0.05
20-30	5.8	2.33	7.7	37	3.55	0.47	0.14
30-40	5.8	2.52	3.5	29	2.83	0.38	0.36
40-50	5.8	2.05	3.5	18	2.20	0.24	0.41
50-60	5.9	1.63	0.8	13	1.44	0.17	0.52
60-70	5.6	1.49	0.7	9	1.65	0.18	0.36
70-80	5.4	1.44	0.7	7	1.64	0.18	0.24
80-90	5.6	0.98	0.8	4	0.32	0.14	0.25
90-100	5.5	1.17	0.7	5	0.80	0.08	0.21

2) There was a compacted layer (about 20-40 cm) under the plowed layer (Figura 1).

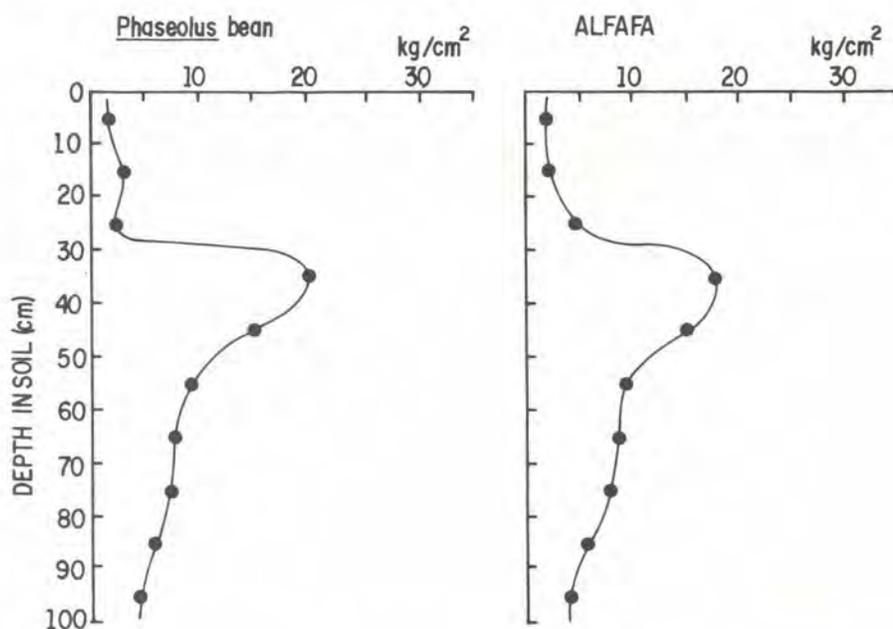


FIG. 1 - Vertical change in soil hardness.

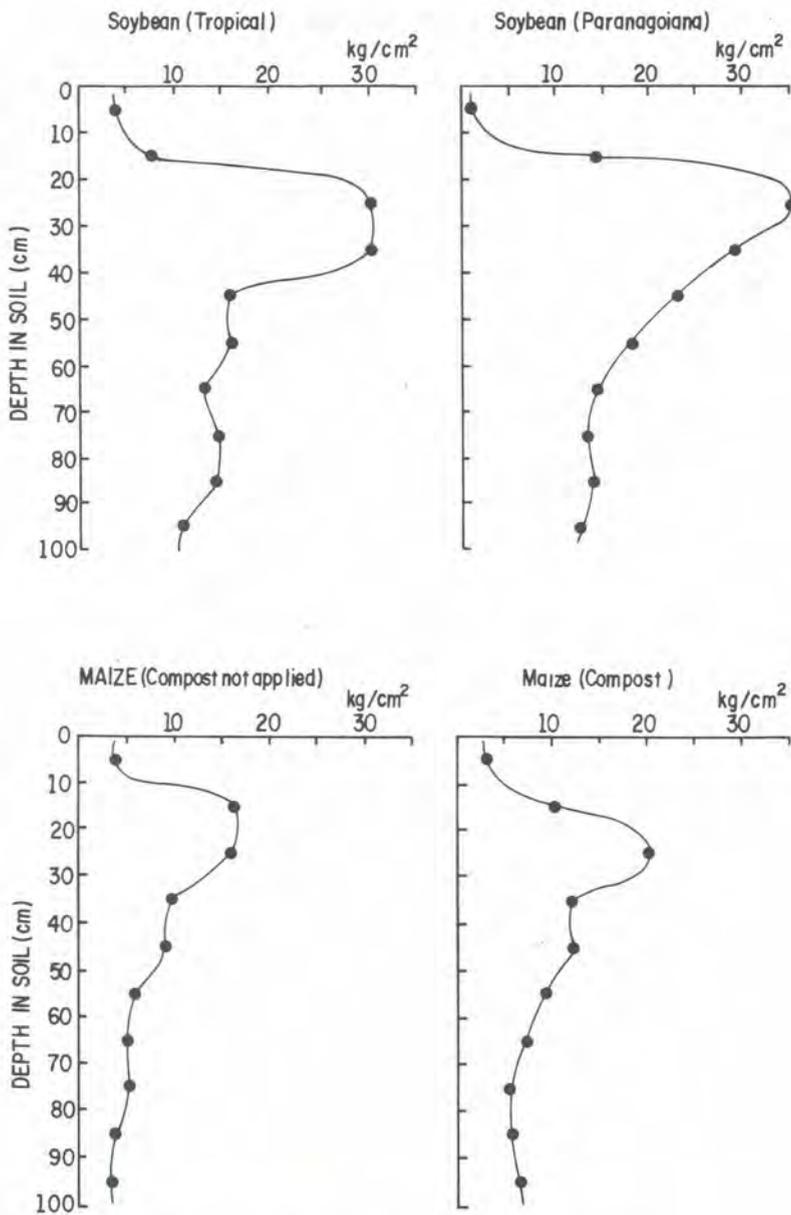


FIG. 1 - Vertical change in soil hardness (continuação).

3) Roots were concentrated in the plowed layer. (Photo. 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10; Figure 2-7)



PHOTO 2 - Root system of *Phaseolus* bean.
(Central pivot field)



PHOTO 3 - Root system of *Phaseolus* bean.
(Central pivot field)



PHOTO 4 - Root system of *Phaseolus* bean.
(Central pivot field)

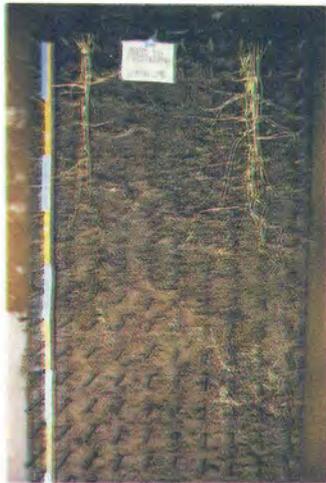


PHOTO 5 - Root system of alfafa.
(Field for soil amendment experiment)



PHOTO 6 - Root system of alfafa.
(Field for soil amendment experiment)



PHOTO 7 - Root system of soybean variety Tropical.
(Field for breeding experiment)



PHOTO 8 - Root system of soybean variety Paranagoiana.
(Field for breeding experiment)



PHOTO 9 - Root system of soybean variety Paranagoiana.



PHOTO 10 - Root system of soybean variety Paranagoiana.

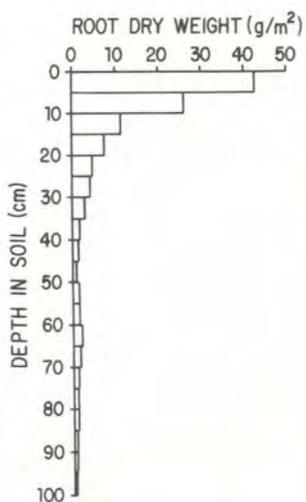


FIG. 2 - Root distribution of *Phaseolus* bean.

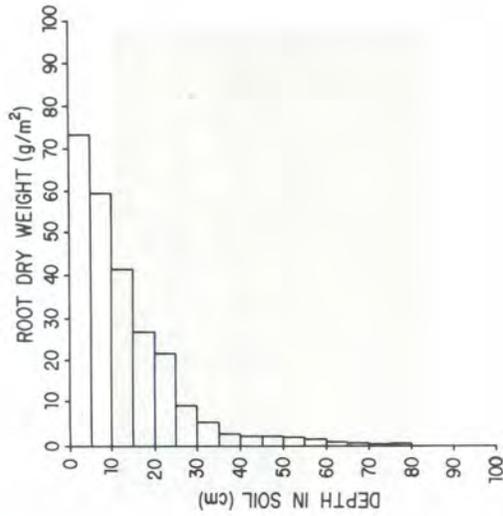


FIG. 3 - Root distribution of alfalfa.

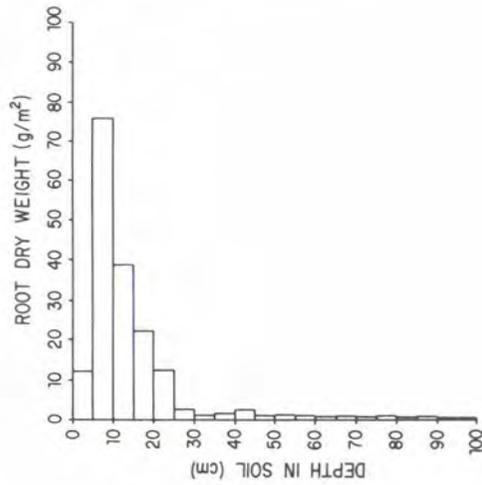


FIG. 4 - Root distribution of soybean variety Tropical.

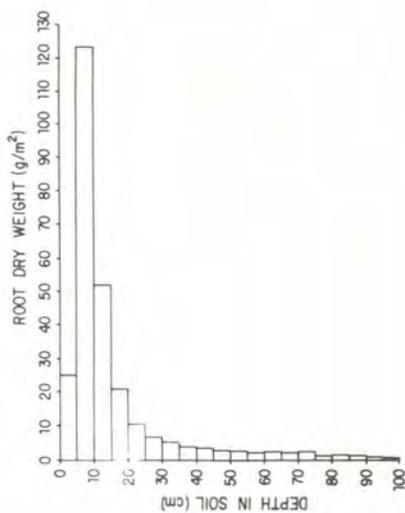


FIG. 5 - Root distribution of soybean variety Paranagoiana.

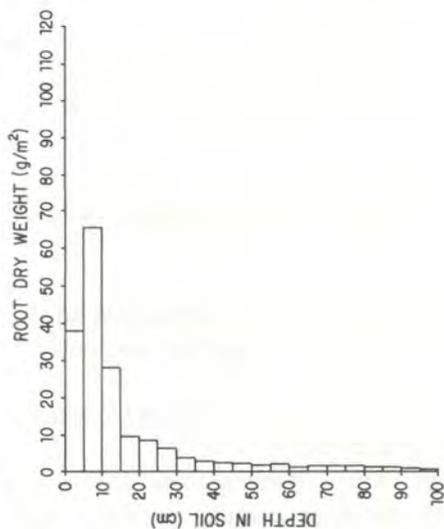


FIG. 6 - Root distribution of maize (Compost not applied).

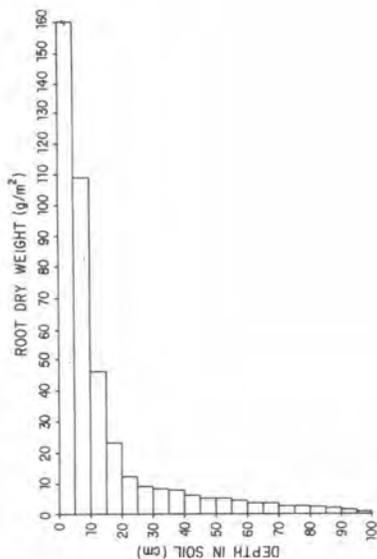


FIG. 7 - Root distribution of maize (Compost 20 t/ha).

There were a few roots under the compacted layer. (Photo. 4-10)

4) Roots showed curvatures along the compacted layer. (Photo. 3, 4, 5, 6,9,10)

The roots of *Phaseolus* bean, Alfalfa and Soybean did not grow well in the compacted layer. (Photo. 2-10)

5) The soybean variety Paranagoiana displayed a larger number of roots under the compacted layer than the Tropical variety. (Photo. 7, 8)

6) Maize showed a large number of roots under the compacted layer compared with *Phaseolus* bean, Alfalfa or Soybean. (Photo. 11,12)



PHOTO 11 - Root distribution of maize. Non compost.
(Soil amendment experiment field)



PHOTO 12 - Root distribution of maize. Compost 20 t/ha
(Soil amendment experiment field)

Conclusion

The roots did not grow well in the compacted layer of soil.

It is necessary to break up the compacted layer to facilitate crop root penetration in order to reduce plant damage caused by water stress during the short dry season "veranicos".

Moreover, it is important that plant breeding studies be conducted to develop varieties with a deeper root system.

Acknowledgement

I. KAWAUCHI stayed at the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Brasília D.F., as a short term consultant under the Cooperation Project for the Research Program on Agricultural Production in the Acid "Savanna" region of the Cerrados, for 80 days from September 5 to November 21, 1989.

During this period, we conducted some experiments on root development in Latosols. The results obtained are described in the following paper.

We wish to express our cordial thanks to Dr. José Roberto Rodrigues Peres, Chief of the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), for his continuous encouragement. We are much obliged to Dr. Bunkichiro Watanabe (Team Leader of the Project), Dr. Yoichi Izumiyama (Consultant of cultivation), Dr. Kazuo Miyazawa (Consultant of Soil and Water) and other Japanese experts for their constant advice and encouragement. Our sincere thanks are also due to Mr. José Antonio Fernandes da Silva (Agricultural Technician) for his generous assistance during the studies. We deeply thank Mr. Yoshimune Nihei (Coordinator of the team) and Miss Nair Seiko Hayashida for their support.

We wish to thank the Japan International Cooperation Agency (JICA) for the financial support for this study.

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF SOIL ORGANIC MATTER UNDER CERRADOS

Shigemitsu Arai¹,
Dimas Vital Siqueira Resck²,
Alexandre Nunes Cardoso³,
Nirceu Werneck Linhares⁴

SUMMARY - In the Cerrados, the amount of soil organic matter decreases, and the changes in its composition are considerable during cultivation. Therefore, the factors affecting the accumulation of soil organic matter should be taken into account for soil management.

Objectives

In order to achieve suitable soil management, the properties of the Cerrado soils were analysed in relation to the dynamic of organic matter in soil.

Working hypotheses

1. The amount of soil organic matter decreases with soil cultivation.
2. Composition of soil organic matter changes, namely the amount of easily decomposable organic matter decreases while the resistant one increases.

Method

Comparisons were carried out between virgin soil and cultivated soil, and between Cerrado soil (LE = dark red latosol) and Terra Roxa and Latosol Roxo from Paraná state. Total carbon content was determined by the wet combustion method and humus composition was analysed by the methods used in the temperate zone (Kumada et al. 1976. Tatsukawa, 1966. Tsutsuki & Kuwatsuka, 1989).

¹ Soil Sciences Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

³ Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/CPAC.

⁴ Téc. Especializado, EMBRAPA/CPAC.

Results and Discussion

I. Changes in the amount of soil organic matter during cultivation.

Carbon content was high in the surface horizons and low in the subsurface horizons (Figure 1).

Carbon content tended to decrease during cultivation, both in the surface and subsurface horizons (Figure 2).

Degradation of soil organic matter and plant is considered to follow the first order kinetics (Jenny et al. 1949, 1950. Greenland & Nye 1959. Olson 1963. Stanford & Smith, 1972).

We can consider a case where a certain amount of plant material is added annually (Figure 3).

During this process, the carbon content is expressed by the dotted line.

$$MO \text{ total} = MO_{\text{soil}(s)} + MO_{\text{plant}(p)},$$

$$MOs = C_0 \exp(-kn),$$

$$MOp = P \times \{\exp(-k) - \exp(-nk)\} / \{1 - \exp(-k)\}, \text{ where}$$

C_0 = original soil organic C content,

P = amount of plant carbon added annually,

k = degradation rate constant,

n = number of years.

When n is sufficiently large,

$$MOs \rightarrow 0,$$

$$MOp/P \rightarrow \exp(-k) / \{1 - \exp(-k)\} \text{ (Figure 4).}$$

when $MOp/P = 1$, the soil carbon content is equivalent to the amount of plant carbon added each year. The expression for calculation of plant carbon added to the soil is shown in Appendix 1.

MOp is high, if k is low. When $k = 0.7$, $MOp/P = 1$.

Under these conditions the following factors should be considered for the accumulation of soil organic matter;

1. Amount of plant material added each year (P), especially roots.
2. Degradation rate (k),
 - (i) lignin content (especially of roots),
 - (ii) protection effect by soil components (difference among soil types),
 - (iii) degradation acceleration by nutrients from fertilizers,
 - (iv) soil temperature and moisture,

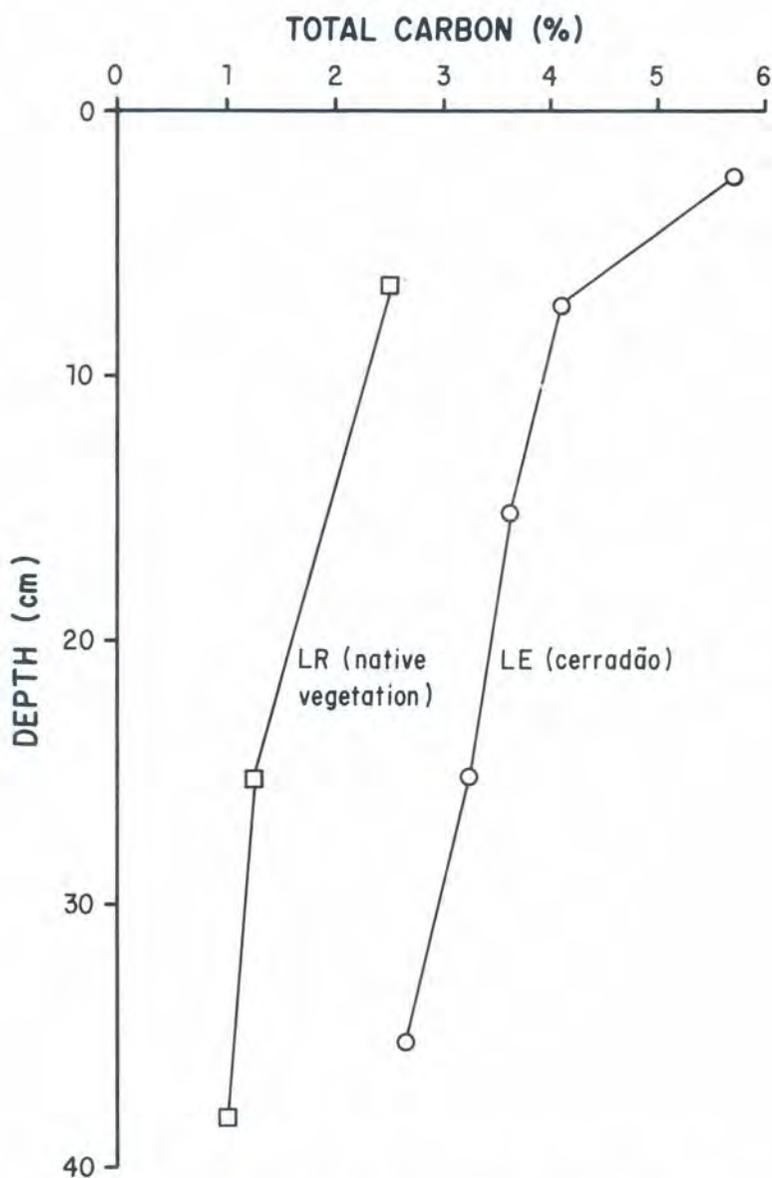


FIG. 1 - Distribution of total carbon content in virgin soils.

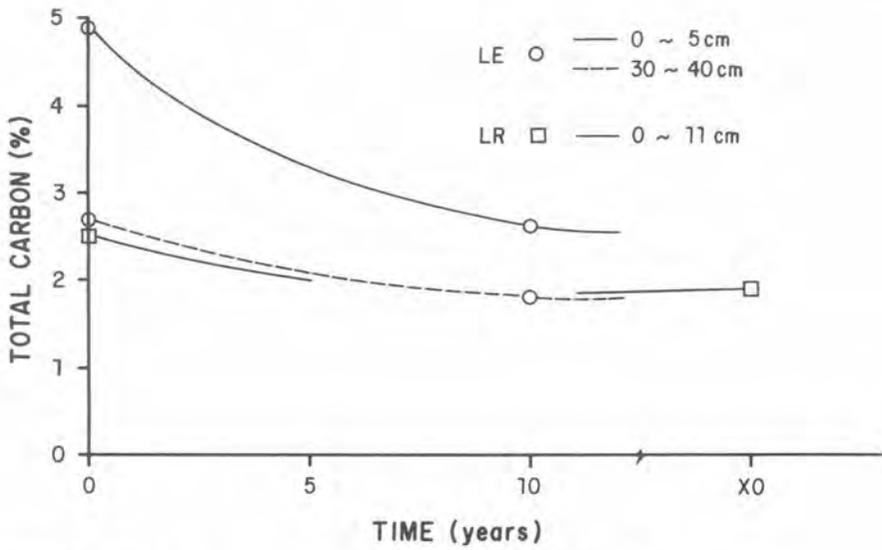


FIG. 2 - Carbon content changes in soils after clearing.

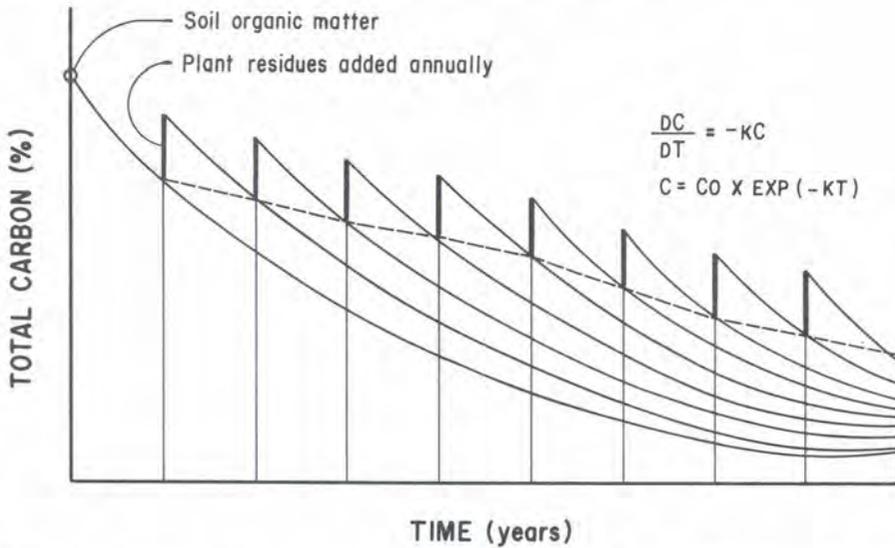


FIG. 3 - Accumulation of soil organic matter after addition of plant residues each year.

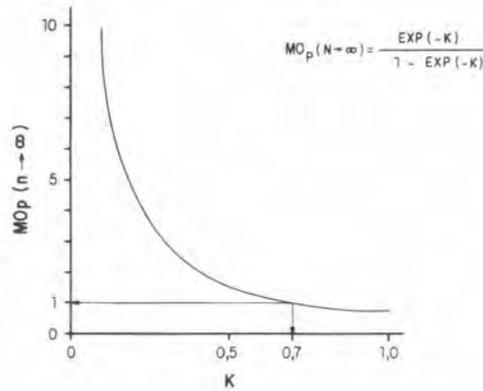


FIG. 4 - Effect of degradation rate of plant materials on carbon accumulation.

3. Number of years of organic matter application (n).

II. Changes in the composition of soil organic matter during cultivation.

After fractionating organic matter based upon its solubility characteristics (Figure 5) the following phenomena were recognized:

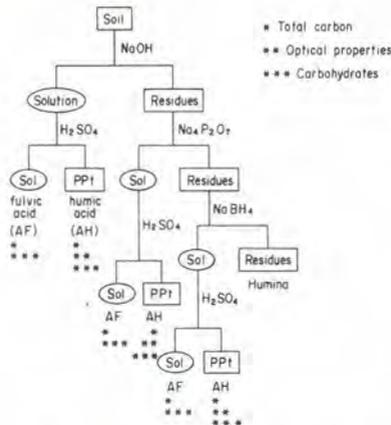


FIG. 5 - Flow chart of soil organic matter analysis.

- (i) the amount of undissolved components (humin) increased (Figure 6),
- (ii) the fulvic acid content decreased,

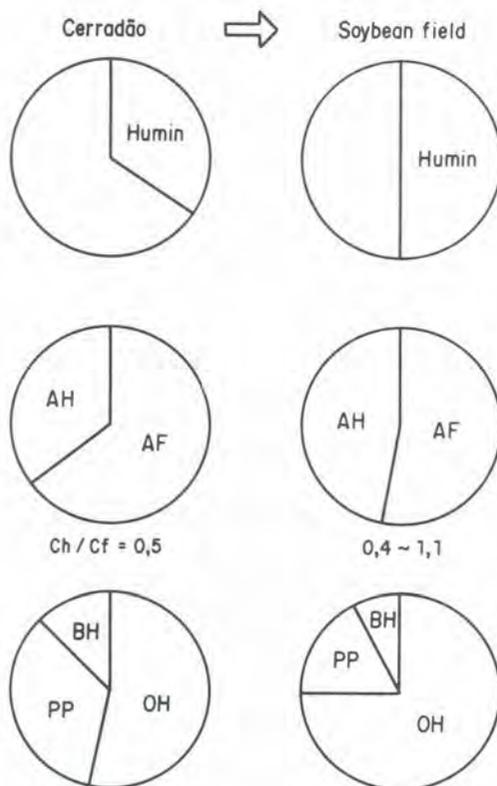


FIG. 6 - Changes in soil organic matter composition during cultivation.

(iii) It is possible that the extractability changed due to the presence of bound-type materials (Fe, etc. bound to Al?), and

(iv) denaturation of humic acid.

Denaturation of humic acid was reflected in its optical properties (relative color intensity K_{600}/C and color index). K_{600} and C mean optical density at 600nm of na HA solution and ml of 0,1N $KmnO_4$ consumed by 30 ml of the HA solution, respectively. According to these properties, humic acid was classified into Rp, B, P and A types (Figure 7).

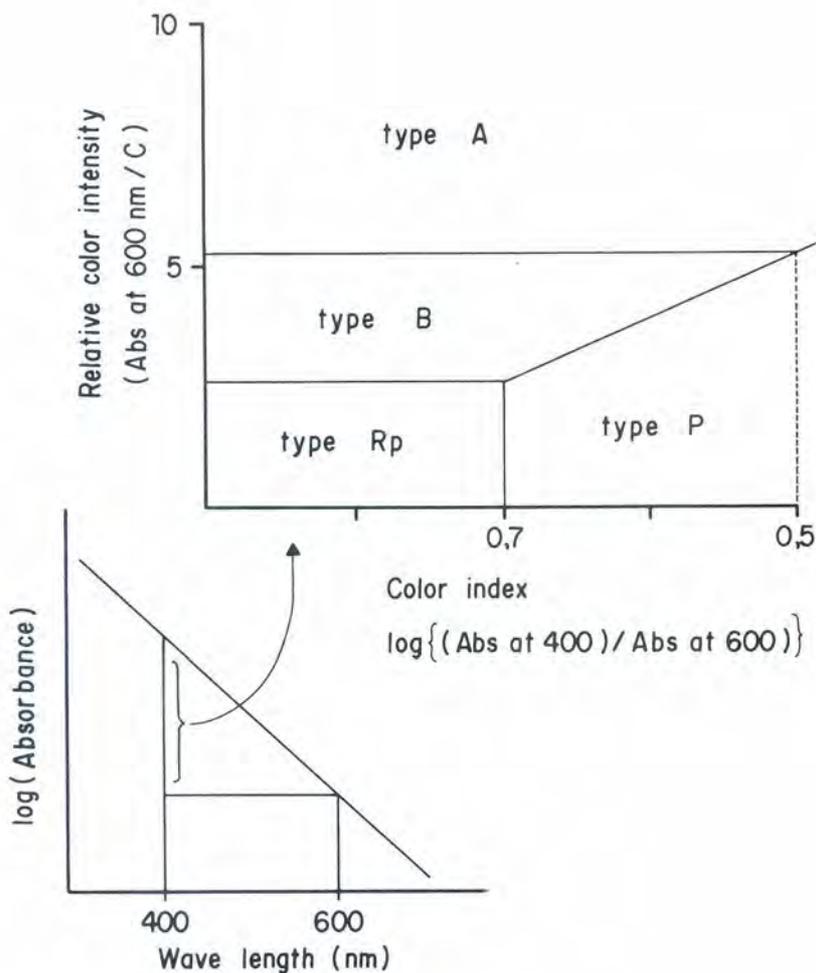


FIG. 7 - Classification of humic acid types.

During the humification process of the plant materials, the color intensity increased and the value of the color index decreased. Some examples of spectra of humic acid are shown in Figure 8.

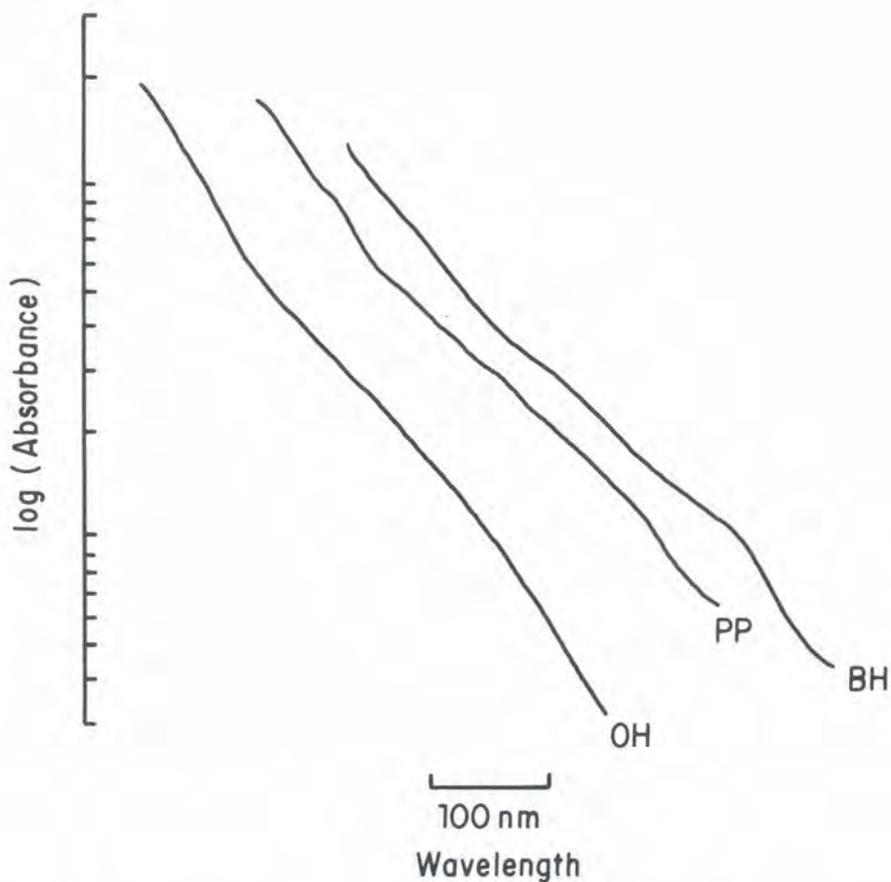


FIG. 8 - Examples of spectra of humic acid from samples taken at 0-5 cm depth of a soybean field tilled by disk plow.

Chemical changes accompanying the humification can be determined using ^{13}C NMR spectra, namely, the amount of aliphatic-, or carbohydrate carbon decreased, and that of aromatic-, and carbonyl carbon increased (Figure 9).

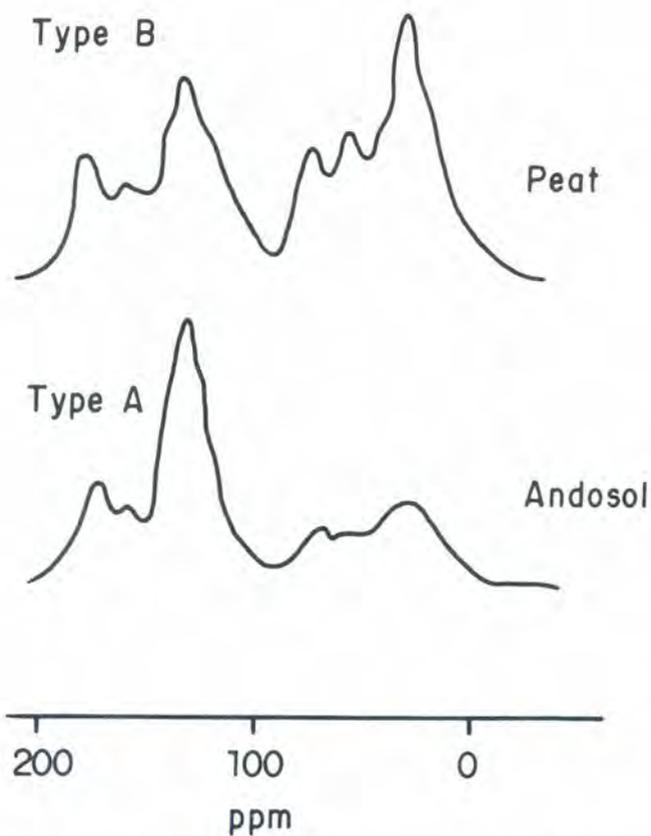


FIG. 9 - Chemical changes of humic acid following changes in optical properties. ¹³C - NMR Spectra (ARAI et al., unpublished data)

When the data obtained from Cerrado soils were plotted on the diagram, almost all of humic acid of LE belonged to type A or B. In contrast the humic acid of Terra Roxa and Latosol Roxo showed lower relative color intensity, suggesting a certain degree of immaturity (Figure 10).

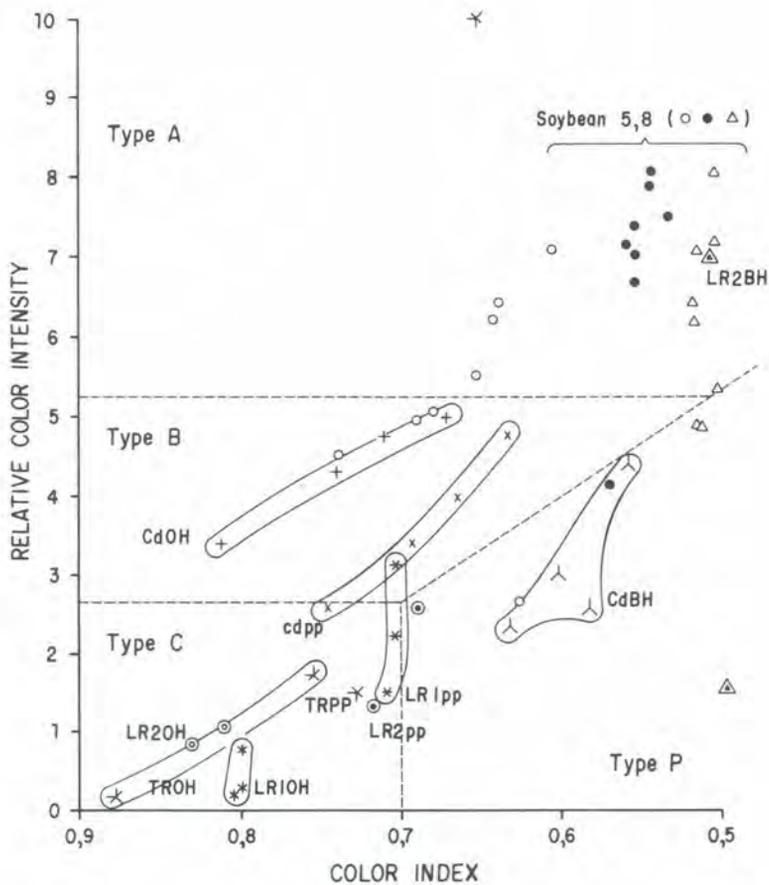


FIG. 10 - Optical properties of humic acid of Cerrado soils, compared with TR, LR.

In Japan, type A humic acid occurs in humic volcanic soils, and it is protected by aluminum. In the Cerrados region it is possible that aluminum has also some protective effect over humic acid which in the LE soil is derived from lignin.

References

- KUMADA et al. Humus composition of mountain soils in central Japan with special reference to the distribution of P type humic acid. **Soil Sci. Pl.** v. 13, n. 5, p.151-158 (E), 1967.
- TATSUKAWA. Method of rapid determination of organic matter in soil and liquid samples, with a few methods determining sugars. **Journal of Soil Science Plant Nutrition.** TSUTSUKI, v. 37, n. 1, p.28-33, 1966.
- KUWATSUKA. Degradation and stabilization of humus in buried volcanic ash soils. I. Humus composition, molecular size distribution of humic acids and sugar composition of soils. **Journal of Soil Science Plant Nutrition.** v. 35, n. 2, p.207-216 (E), 1989.
- JENNY et al. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperature and tropical regions. *Soil Science*, v. 68, p. 419-432, 1949.
- JENNY. Causes of the high nitrogen and organic matter contents of certain tropical forest soils. **Soil Science**, v. 69, p. 63-69, 1950.
- GREENLAND & NYE. Increase in the carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows. *Journal Soil Science*, v. 10, p.284-299, 1959. OLSON. Energy storage and the balance of producers and decomposers in the ecological systems. **Ecology**, v. 44, p.322-331, 1963.
- STANFORD & SMITH. Nitrogen mineralization potential of soil. **SSSAP**, v. 36, p.465-472 (E), 1972.

Appendix

1. Calculation of the amount of C accumulated soil was performed as follows: Organic matter in soil $MO_s = Q \cdot \exp(-\mu t)$, plant residues $MO_p = P \cdot \exp(-kt)$

0 year	Q				
1 year	$Q \exp(-\mu)$	P			
2 year	$Q \exp(-2\mu)$	$P \exp(-k)$	P		
3 year	$Q \exp(-3\mu)$	$P \exp(-2k)$	$P \exp(-k)$	P	
4 year	$Q \exp(-4\mu)$	$P \exp(-3k)$	$P \exp(-2k)$	$P \exp(-k)$	
(n-1) year	$\exp(-(n-1)\mu)$	$P \exp(-(n-2)k)$	$P \exp(-(n-3)k)$	$P \exp(-(n-4)k) \dots$	P
n year	$\exp(-n\mu)$	$P \exp(-(n-1)k)$	$P \exp(-(n-2)k)$	$P \exp(-(n-3)k) \dots$	$P \exp(-k) V$

At n.th year,

$$MO_p = P \{ \exp(-(n-1)k) + \exp(-(n-2)k) + \exp(-(n-3)k) + \dots + \exp(-2k) + \exp(-k) \}$$

$$\exp(-k) MO_p = P \{ \exp(-nk) + \exp(-(n-1)k) + \exp(-(n-2)k) + \dots + \exp(-k) + \exp(-2k) \}$$

$$\{ 1 - \exp(-k) \} MO_p = P \{ \exp(-k) - \exp(-nk) \}$$

$$\therefore MO_p = P \frac{\exp(-k) - \exp(-nk)}{1 - \exp(-k)}$$

A NEW TECHNIQUE FOR THE INOCULATION OF *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* IN THE PRESENCE OF HIGH POPULATIONS OF INDIGENOUS RHIZOBIA IN SOILS - UTILIZATION OF ANTIBIOTICS AND ANTIBIOTIC - RESISTANT STRAINS -

Shoichiro Akao¹; Milton Alexandre Teixeira Vargas²

ABSTRACT - A greenhouse study was carried out in a cerrado soil with an established *Bradyrhizobium japonicum* population in order to study the effect of seed treatment with antibiotics and inoculation, on soybean. Seed coating with perlite and two antibiotics (Kasugamycin and spectinomycin) increased the occurrence in nodules of an inoculated strain resistant to both antibiotics.

Introduction

It is generally recognized that in soils containing well-established populations of *B. japonicum*, if more effective strains are inoculated, the replacement of indigenous soil rhizobia by the inoculated strains is very difficult due to the low competition with indigenous soil rhizobia.

The competitive nodulation ability of rhizobia is associated with the survival in soil, multiplication in the rhizosphere, tolerance to high soil temperature, nitrate sensitivity, etc. However, attachment to the root hair surface is considered to be a very important preliminary step for nodule initiation or *Rhizobium* infection to host plant. If one *Bradyrhizobium* strain becomes attached to the root surface, nodulation of subsequently attached *Bradyrhizobium* strains is inhibited by the regulation system of the host plant, with a difference in time of only 4 to 6 hours. Therefore a new technique for inoculation was developed by using antibiotics and an antibiotic-resistant strain. The aim of this study is to promote the attachment to the root hair surface of the inoculated strain while indigenous soil rhizobia are suppressed by antibiotics.

¹ Soil Microbiology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

Materials and Methods

Experiment 1

Pot preparation: Plastic cups 200 ml in capacity containing about 150 g of soil were used for growing the soybean cultivar Doko.

Antibiotic solution: Antibiotic solution containing both 6000 ppm of kasugamycin and 6000 ppm of spectinomycin was prepared. A 6000 ppm solution and 10 fold dilution solution (600 ppm) were used for coating and immersion, respectively.

Application of antibiotics by immersion method: Seeds were immersed in a 600 ppm antibiotic solution for 0, 1, 2, 5, 10 and 20 minutes.

The amount of antibiotics incorporated into the seeds was calculated from the amount of absorbed antibiotic solution. The amount at 0, 1, 2, 5, 10 and 20 minutes after immersion was 0, 5.4, 15.0, 28.3, 30.4 and 61.0 μg per seed, respectively.

Application of antibiotics by coating method: Two ml of a 6000 ppm antibiotic solution was mixed with 5 g perlite powder. The amount of perlite powder with antibiotics coated on the seed surface at the rate of 0.055, 0.165, 0.416 was 5.824 g per 22 seeds. The amounts of antibiotics coated were 4.3, 12.9, 32.4 and 454 μg per seed in the order of application rate of perlite powder.

Planting: Seeds treated with antibiotics were sown on February 16, 1989 in soil-packed plastic cups.

Experiment 2

Three soil samples differing in the number of rhizobium populations were used in this study. The soils contained zero (few cells/g), low (5.8×10^2 cells/g) and high (3.1×10^3 cells/g) populations.

Inoculum: A kasugamycin plus spectinomycin-resistant mutant strain A1017 *kas^r.spe^r* (obtained from Dr. H. Maruyama, Tokyo University, Tokyo, JAPAN) of *Bradyrhizobium japonicum* was grown in yeast mannitol agar containing kasugamycin and spectinomycin, 400 ppm each. For the inoculation, the bacteria on the YMA plate were suspended with 2 - 3 ml of sterilized saline. The suspension containing the bacteria was diluted 10^5 and 10^7 times, and the population of bacteria was determined by counting the colonies on a YMA plate (Table 1). The mixture of 0.12 g kasugamycin and

0.12 g spectinomycin was dissolved in 20 ml of deionized water, and the antibiotic solution (6000 ppm) was added. The inoculum was prepared by mixing 5 g of perlite, 1 ml of a 6000 ppm antibiotic solution and 1 ml (2×10^8 cells/g) of a suspension of the antibiotic-resistant strain A1017 kas^rspe^r.

TABLE 1 - Amount of antibiotics applied and number of inoculated rhizobia.

Treatment	Perlite mg*/seed	Antibiotic		Antibiotic resistant <i>B. japonicum</i> A1017 cells/seed
		Kasugamycin µg/seed	Spectinomycin µg/seed	
I	67	0	0	0
II	17	28.6	28.6	4.8×10^5
III	67	114.3	114.3	1.9×10^6
IV	150	257.4	257.4	4.3×10^6

This treatment was applied in the three soil samples

* Based on dry weight

Seeding and inoculation: About 2.7 kg of soil was added to a plastic container, 3.2 liter in capacity, for growing the soybean plants. The inoculum was coated on the seed at the rate of 0, 0.5, 2.0 and 4.5 g per 30 seeds. Three "Doko" soybean seeds per pot were planted immediately after coating of the inoculum, and covered with 1 cm of soil on Feb. 21, 1989. The plants were grown in a greenhouse for 50 days.

Results

The lesions consisted of needle-shaped leaves or leaves with chlorosis shown in Figure 1 were induced by the application of antibiotic substances. The severity of the changes differed with the method of application as shown in Tables 2 and 3.



	← Immersion →						← Coating →			
Time	0	1	2	5	10	20	--	--	--	--
Minutes										
Amounts	0	5	15	30	35	61	4	13	32	454



FIG. 1 - Symptom of disorder induced by application of antibiotics.

TABLE 2 - Effect of antibiotics on growth of soybean plants.

N° treatment	Application method	Antibiotics mg/seed		Germination %	Needle-shaped leaves %	Plants with chlorosis %
		Kasugamycin	Spectinomycin			
1	Control	0	0	85	0	0
2	Immersion	5.4	5.4	90	6	28
3	Immersion	15.0	15.0	85	7	67
4	Immersion	28.3	28.3	75	73	87
5	Immersion	30.4	30.4	70	100	100
6	Immersion	61.0	61.0	60	100	100
7	Coating	4.3	4.3	80	0	0
8	Coating	12.9	12.9	80	0	20
9	Coating	32.4	32.4	90	11	67
10	Coating	454.0	454.0	75	20	67

1) Germination rate was observed at 8 days after sowing.

2) Lesions were observed 11 days after sowing.

TABLE 3 - Effect of antibiotics on dry matter, stem length and nodulation of Doko soybean at 3 weeks after sowing.

N° treatment	Application method	Main stem length cm	Plant dry matter mg/plant	Nodule	
				Number n°/plant	Weight mg/plant
1	Control	9.5 ± 2.7	307	14.3 ± 5.5	11.0
2	Immersion	12.1 ± 2.2	290	11.7 ± 4.5	12.0
3	Immersion	13.6 ± 1.5	294	15.1 ± 4.6	10.4
4	Immersion	5.3 ± 4.1	116	5.9 ± 3.6	1.5
5	Immersion	2.4 ± 1.2	95	10.0 ± 3.0	2.4
6	Immersion	2.4 ± 2.4	113	10.0 ± 3.8	1.6
7	Coating	10.9 ± 1.0	268	8.9 ± 5.1	7.1
8	Coating	11.9 ± 1.2	276	14.0 ± 8.0	9.3
9	Coating	11.9 ± 1.6	201	9.3 ± 3.9	4.7
10	Coating	10.9 ± 1.7	214	10.2 ± 4.0	3.4

The rate of germination decreased in proportion to the antibiotic contents in the immersion method, while no differences were observed in the coating method. All the plants which received more than 30 µg of antibiotic substances by using the immersion method showed needle-shaped leaves and/or chlorosis, while the percentages of these lesions in plants for which the antibiotics were applied by the coating method remarkably decreased (20% and 67%) even at a concentration of 454 µg (Table 2).

As the contents of antibiotics in treatments 5 and 9 were almost equal, main stem length and dry matter were compared in treatments 5 and 9 (Table 3). Elongation of the main stem in treatment 5 was strongly suppressed unlike in treatment 9. Also the dry matter content in treatment 5 was remarkably lower than that in treatment 9. These results indicate that the application of antibiotics with perlite reduced the severity of the lesions induced by the antibiotics.

Since the severity of the lesions caused by the application of antibiotics was reduced by the coating of perlite powder, a new method of inoculation was examined using antibiotics and an antibiotic-resistant strain (Figure 2).



Zero Rhizobia in virgin soil.



Middle Rhizobia in soil.



High Rhizobia in soil.

FIG. 2 - Pot experiment of inoculation method using antibiotic resistant strain A1017 kasr.sper and antibiotic substances.

Table 4 shows the length of the main stem and dry weight of herbage 24 days after sowing and Table 5 shows the proportion of nodules containing the antibiotic-resistant strain A1017 24 days after sowing. The length of the main stem was not reduced with the antibiotics. The weight of herbage, namely, plant growth was reduced, and the degree of reduction differed with the soils used (Table 4). Strains resistant to both kasugamycin and spectinomycin were not detected in the soils used (Table 5).

TABLE 4 - Length of main stem and dry weight of herbage 24 days after sowing.

Treatment	Length of main stem (cm)			Dry weight of herbage (mg/plant)		
	A soil	B soil	C soil	A soil	B soil	C soil
I	15.9	15.1	16.6	493	340	395
II	18.2	16.6	17.9	408	303	373
III	17.6	16.8	16.5	368	127	234
IV	16.4	16.2	15.9	248	151	228

Note: For the details of the treatment see Table 1. Populations of soybean rhizobia in A, B and C soils were 0, 5.8×10^2 and 3.1×10^3 cells/g, respectively.

Though it was expected that all the nodules in soil A except in treatment I could be formed with the inoculated strain (antibiotic-resistant strain A1017), this strain was not detected in about 40% of the nodules in treatments II and III for unknown reasons. Almost all the nodules in treatment IV where a large concentration of antibiotics was applied were occupied by the inoculated strain, suggesting that the utilization of antibiotics and an antibiotic-resistant strain was more suitable than the usual inoculation method.

TABLE 5 - Proportion of Doko soybean nodules containing antibiotic-resistant strain A1017 at 24 days after sowing.

Treatment	Number of nodules examined			Number of nodules containing antibiotic-resistant strain			Percentage of nodules containing inoculum strain		
	A soil	B soil	C soil	A soil	B soil	C soil	A soil	B soil	C soil
I	1	40	30	0	0	0	0	0	0
II	12	40	30	7	4	3	58	10	10
III	20	10	20	11	1	19	55	10	95
IV	24	20	20	24	16	20	100	80	100

OBSERVATION OF BINDING OF *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* A1017 TO ROOT HAIR, CURLING OF ROOT HAIR AND INFECTION THREAD FORMATION BY BRIGHT AND PHASE CONTRAST MICROSCOPY

Shoichiro Akao¹; Milton Alexandre Teixeira Vargas²

The objective of this study is to analyse the morphological characteristics of the components responsible for the feature of the nodulation process to promote the introduction of more effective rhizobial strains into soils.

Materials and Methods

Bradyrhizobium japonicum strain A1017 was cultured in a liquid medium composed of mannitol-yeast for 5 days at room temperature. Bacterial cells were harvested by centrifugation at 5,000 rpm for 20 minutes. The rhizobial pellets were washed two times with sterile saline and suspended in 20ml of the same solution. The suspension (original solution) was stirred for 20 minutes in order to release clusters. The numbers of rhizobia in the suspension were 2×10^8 cells/ml.

Seeds of the soybean cultivar Doko were surface-sterilized for 20 min. in 70% ethanol, rinsed once in sterile distilled water, and then the surface-sterilized seeds were sown together with 1ml of rhizobial suspension in sterilized vermiculite beds.

The seedlings were used three days after sowing for the observation of the attachment of the *B. japonicum* strain A1017 and root hair curling, and 7 days after sowing for the observation of infection threads. Roots were stained with a 0.05% methylene blue solution for 15 - 20 sec. Segments were cut with a razor blade.

¹ Soil Microbiology Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

Results and Discussion

Competition involves the following sequence: rhizobium multiplication in the rhizosphere, attachment of rhizobia to the root hair of host plant, formation of infection threads within the root hair, etc. - during nodule formation. Figure 1 (A) shows the attachment of inoculated rhizobia on the surface of a growing epidermal cell. In soybean, the rhizobia which become attached to epidermal cells on the last stage of growth can form infection threads and root nodules.

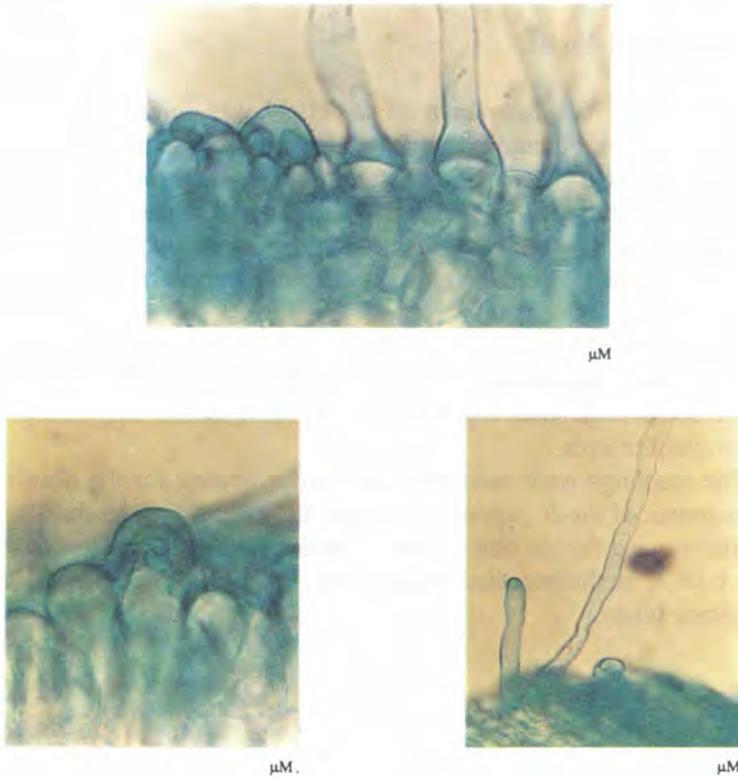


FIG. 1 - Bright microscopic observation of the binding of *B. japonicum* strain A1017 to root hairs and root hair curling in the soybean cultivar Doko after staining with methylene blue (3 days after sowing together with inoculation).

The microscopic photographs in Figures 1, 2 and 3 were obtained from segments cut with a razor blade at CPAC. The use of the fluorescent-antibody technique in conjunction with the observation of rhizobia on the surface of the epidermal cells by bright microscopy, enabled to differentiate the inoculated strains from the indigenous strains. As a result it was possible to distinguish the competitiveness ability between inoculated and indigenous strains.

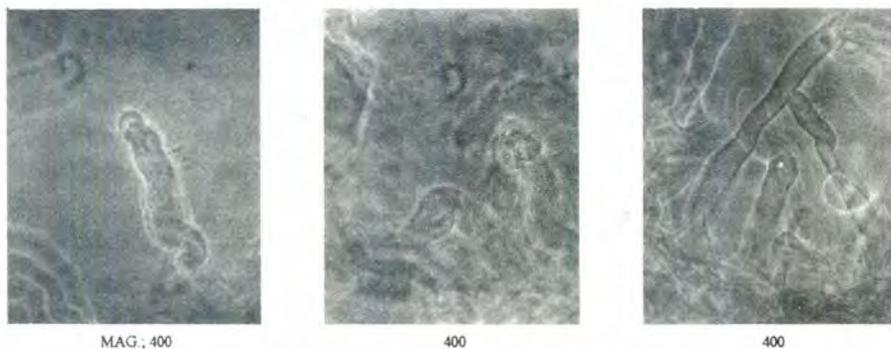


FIG. 2 - Phase contrast microscopic observation of the binding of *B. japonicum* strain A1017 to root hair and root hair curling in soybean cultivar Doko.



FIG. 3 - Bright microscopic observation of infection thread in soybean.

A: Infection thread formed in root hair

B: Infection thread growing toward inner cortex cells

NITRIFICATION POTENTIAL IN A CERRADO SOIL

Masahito Hayatsu¹; Allert Rosa Suhet²; Nobuo Kosuge¹

Introduction

Nitrification, the oxidation of NH_4^+ to NO_3^- , is one of the major processes in the nitrogen cycle in natural ecosystems. The oxidation is generally mediated by two types of chemoautotrophic bacteria, one oxidizing ammonia to nitrite and the other oxidizing nitrite to nitrate. Autotrophic nitrifying bacteria are considered to be the predominant agents of nitrification in the soil ecosystem. However, the occurrence of heterotrophic nitrification (Focht and Verstraete, 1977; Stroo et al. 1986) or chemical nitrification (Barlett, 1981) has been suggested.

In cropped soils, nitrification is important for the effective utilization of nitrogen fertilizer and for the nutrition of crops. The nitrification potential of the Cerrado soils has not been extensively investigated. The purpose of this study was to evaluate the nitrification potential of one Cerrado soil.

Materials and Methods

Soil samples

Soil samples of a dark red oxisol were collected at the 0-10 cm layer of a dark red oxisol, located at the experimental area of the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Brasília, DF, Brazil. The samples were taken from a corn field in the treatments with and without N (200kg/ha), and from a non-cultivated area. Some of the characteristics of these samples are given in Table 1. The samples were immediately sieved, mixed and used for analysis. Air drying of soil was not employed in the present study because the nitrification activity would have been lost by this treatment.

¹ Soil Science Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina, DF.

TABLE 1 - Characteristics of soil samples.

Soil	pH(H ₂ O)	Total N (%)
Latosol non-cultivated soil	5.3	0.16
Latosol non-fertilized	6.4	0.11
Latosol fertilized (200 kgN of urea/ha)	6.5	0.12

Soil suspension experiment

Forty gram of moist soil samples were transferred into 500 ml Erlenmeyer flasks containing 200 ml of medium for ammonia or nitrite-oxidizing bacteria. The medium for ammonia oxidation consisted of (NH₄)₂SO₄ (0.2g/l of N), KH₂PO₄ (1g/l), MgSO₄·7H₂O (0.1g/l), FeSO₄·7H₂O (0.03g/l), CaCO₃ (2g/l). The medium for nitrite oxidation consisted of NaNO₂ (0.02g/l of N), KH₂PO₄ (1g/l), MgSO₄·7H₂O (0.1g/l), NaCl (0.3g/l), FeSO₄·7H₂O (0.03g/l), CaCO₃ (2g/l). The pH of both media was adjusted to 7.0. The soil suspensions were incubated at 25°C on a reciprocal shaker operating at 110 rpm. Nitrapyrin (2-chloro-6(trichloromethyl)-pyridine), a selective inhibitor of autotrophic ammonia oxidation, or sodium chlorate, which is a specific inhibitor of autotrophic nitrite oxidation, was used to differentiate autotrophic from heterotrophic nitrification. Nitrapyrin was added at the concentration of 10 ppm before incubation. Sodium chlorate was added at the concentration of 10 mM. Samples were taken periodically for the analysis of NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N. The experiments were performed with two replicates.

Soil incubation

Twenty gram of the soil samples in duplicate were transferred into a 100 ml conical beaker or flask. A known quantity of the (NH₄)₂SO₄ solution (to 20 mgN/100g of soil) was added to each sample. The beakers were covered with a thin polyethylene film to maintain the soil moisture content. Incubation was carried out in the dark at 25°C. After 12 days, the samples were extracted with 50 ml of 10% KCl and the contents of NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N were determined. The initial concentration of these inorganic nitrogen compounds was determined immediately after the addition of the (NH₄)₂SO₄ solution. Nitrapyrin was also used. CaCO₃ was added to the non-cultivated soil to study the effect of neutralization on the nitrification activity in non-cultivated soil.

Chemical analysis

The concentrations of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ and $\text{NO}_3^- - \text{N}$ were determined by distillation of the filter extract with MgO and Devarda alloy. The $\text{NO}_2^- - \text{N}$ contents was measured by the Griess-Ilosvay method. The soil pH was determined in the soil water suspension (1/2.5 w/v). The total nitrogen content was determined by the Kjeldahl method.

Results and Discussion

Nitrite oxidation and NO_3^- production in the soil suspension culture are shown in Figure 1. The oxidation of NO_2^- was much more pronounced in the fertilized soil than in the non-fertilized and non-cultivated soils. NO_2^- oxidation during the 8 day period amounted to 21.9% of the added NO_2^- in the non-fertilized soil, 22.4% in the non-cultivated soil, and almost 100% in fertilized soil. These results show that fertilization led to an increase in the nitrite oxidation potential. Chlorate completely inhibited the nitrite oxidation in all the tested soil suspensions, indicating that nitrite oxidation was caused by the autotrophic nitrite-oxidizing bacteria.

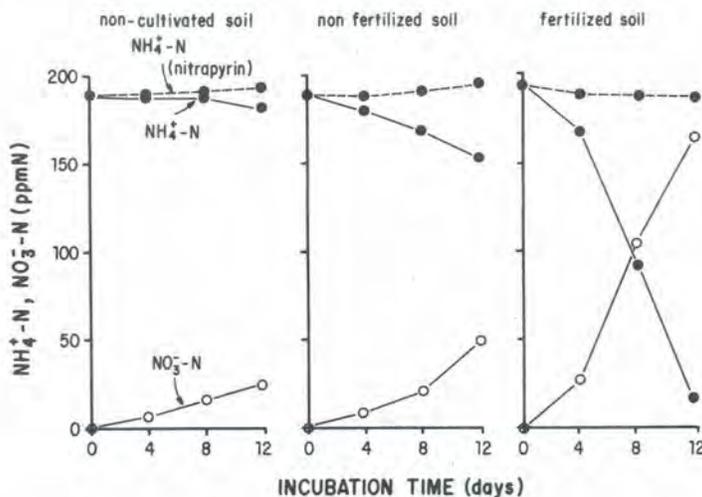


FIG 1 - Time course of $\text{NO}_2^- - \text{N}$ oxidation in soil suspension culture.

Ammonium oxidation and NO_3^- production in the soil suspension culture are shown in Figure 2. NH_4^+ was rapidly oxidized to NO_3^- in the fertilized soil. The NH_4^+ -oxidizing activity in the two other soils was lower than that in the fertilized soil. These findings indicate that fertilization resulted in an increase in the number of ammonia-oxidizing bacteria. Nitrapyrin completely inhibited the NH_4^+ oxidation in all the tested soil suspensions, suggesting that the autotrophic ammonia-oxidizing bacteria were responsible for the nitrification in the Cerrado soils tested.

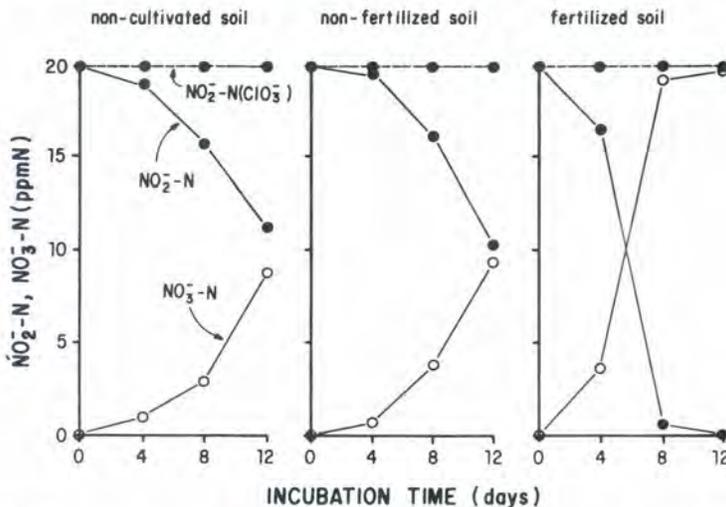


FIG. 2 - Time course of NH_4^+ -N oxidation in soil suspension culture.

The changes in the NH_4^+ -N and NO_3^- -N concentrations after incubation are shown in Table 2. The production of nitrate was much higher in the fertilized soil than in the non-fertilized and non-cultivated soils. During the incubation period of 12 days, 57.4% of added NH_4^+ -N was oxidized and 11 mgN of NO_3^- -N/100g of soil was produced. The amounts of NO_3^- produced in the non-fertilized and non-cultivated soils were 1.9 and 1.4 mg/100g, respectively. The pH of the non-cultivated soil was lower than that of the two cultivated soils. Adjusting the soil pH to about 6.5 by CaCO_3 ammendment did not affect its nitrification potential. Nitrapyrin completely inhibited the formation of nitrate in all the tested soils.

TABLE 2 - Change in NH_4^+ -N and NO_3^- -N levels after the addition of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ incubation for 12 days.

Soil	Inhibitor	Inorganic N (mgN/100g of dry soil)	
		NH_4^+ -N decrease*	NO_3^- -N increase
non-cultivated soil	none	2.6	1.6
	nitrapyrin	-1.6	< 0.1
non-cultivated soil (CaCO_3 added)	none	2.5	1.2
	nitrapyrin	-2.1	< 0.1
non-fertilized	none	2.8	2.3
	nitrapyrin	-0.5	< 0.1
fertilized	none	11.9	10.9
	nitrapyrin	-0.8	< 0.1

* Negative values indicate a net production of NH_4^+ -N during the incubation.

Autotrophic-nitrifying bacteria derive all their energy from the oxidation of NH_4^+ or NO_2^- . In natural ecosystems such as the Cerrados, the supply of NH_4^+ for the nitrifying bacteria is markedly limited. The nitrification potential is lower in acid soils than in neutral soils because autotrophic nitrifying bacteria are sensitive to acidic conditions. The nitrification activity in the Cerrado non-cultivated soil was very low. The results obtained in the present study indicated that an abundant supply of NH_4^+ led to a increase in the nitrification activity.

Conclusion

1. Fertilization with urea results in an increased the nitrification activity in the soil tested.
2. The nitrification activity in the soil tested was caused by the autotrophic nitrifying bacteria.

References

- BARTLETT, R.J. Nonmicrobial nitrite to nitrate transformation in soils. **Soil Science Society American Journal**, v. 45, p.1054-1058, 1981.
- FOCHT, D.D.; VERSTRAETE, W. Biochemical ecology of nitrification and denitrification. **Advances Microbiological Ecology**, v. 1, p.135-214, 1977.
- HEYLAR, K.R. Nitrogen cycling and soil acidification. **Journal Australian Institute Agricultural Science**, v. 42, p.217-221, 1976.
- STROO, H.F.; KLEIN, T.M.; ALEXANDER, M. Heterotrophic nitrification in an acid forest soil and by an acid-tolerant fungus. **Applied Environmental Microbiology**, v. 52, p.1107-1111, 1986.

ATTEMPTS TO MEASURE N₂O USING A BRAZILIAN MADE CHROMATOGRAPH

Takenori Yamaguchi¹; Milton Alexandre Teixeira Vargas²;
Ariovaldo Luchiar Junior²; Nobuo Kosuge³

ABSTRACT - The environmental impact of the intensive cultivation of Cerrados has not been well evaluated due to the lack of research that quantify the emission of air pollutants through the agricultural systems used. In the global scale, one of the main atmospheric pollutants is the gas N₂O due its contribution to the greenhouse effect and its role in the decrease of the ozone layer. Emission of N₂O in some agricultural systems in Cerrados were measured using a brazilian made gas chromatograph equipped with an electron capture detector. Atmospheric N₂O values varied from 281 to 297 ppb, smaller than other values described in the literature to other regions. Soil emission of N₂O ($\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2/\text{day}$) in areas planted with some crops were 21.6 ± 3 (cassava), 20.5 ± 17 (bare lance) 17.5 ± 12 (soybean). In soils covered with grassland, only trace emission of N₂O were detected.

Introduction

Carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), dinitrogen monoxide (N₂O) and halo-carbons (fluon gases) are emitted through human and natural activities such as industries, agriculture, volcanoes and microorganisms. These gases are absorbed by the infrared ray radiated from the earth and they cause a rise of temperature in the atmosphere-earth's surface system. Those gases are called the greenhouse effect gases.

Recently, the greenhouse effect gases have increased in the atmosphere. According to the atmosphere-ocean joint model, the rise of temperature in the atmosphere is estimated to be 2°C in 2040 and 4°C in 2100 at the temperature zone of the northern hemisphere. The gases also have been known to destroy the ozone layer in the stratosphere⁽¹⁶⁾.

¹ Soil Science Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

² Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina,DF.

³ Soil Sciences Specialist, Consultant from EMBRAPA/JICA.

Even a small amount of N_2O or CH_4 accelerates the greenhouse effect in the atmosphere. Dinitrogen monoxide (N_2O) and CH_4 at the present concentration in the atmosphere has played about one fourth of role for the temperature rise by the all greenhouse effect gases. Dinitrogen monoxide is mainly emitted by activities of organisms and has existed from the old time in the atmosphere. The gases have increased by human activities, for example, by the combustion of fossile fuel, incineration of biomass and application of fertilizers, etc. Above all, it is pointed out that arable land is one of the emission sources of N_2O , and the application of nitrogen fertilizer in large quantities would cause the increased emission of N_2O from soil.

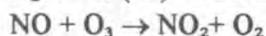
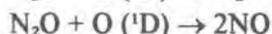
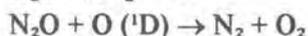
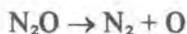
The present report deals with characteristics of N_2O , emission source, concentration in the atmosphere, quantity of emission, and control of N_2O .

1. Characteristics of N_2O

Dinitrogen monoxide is stable at normal temperature, and it does not react with oxygen (O_2), ozone (O_3) and hydrogen (H_2), but it strongly reacts to other substances as an oxidizing agent at high temperature. It is not decomposed by visible radiation.

Dinitrogen monoxide is equally distributed in the toposphere and its life span is estimated as 170 years. After diffusion, in the stratosphere the gas is decomposed to N_2 and O by ultra-violet ray, and nitrogen monoxide (NO) is produced by the reaction between N_2O and the excited oxygen atom $O(^1D)$. The newly produced NO and O_3 change to NO_2 and O_2 , and NO_2 reacts with O to produce NO and O_2 .

The ozone layer in the stratosphere has been destroyed by these repeated chemical reactions. The chemical reactions are shown as follows:



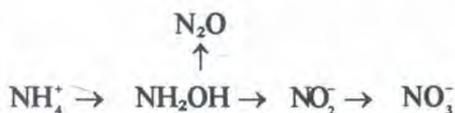
2. Emission sources of N₂O

Soil is considered to be the principal emission source of dinitrogen monoxide. There are non-biological and biological procedures to produce O. The former occurs when nitrite ion (NO₂⁻) or hydroxylamine (NH₂OH) are accumulated in acidic soil, and the reaction is called chemical denitrification. Amounts of N₂O produced by this reaction is usually very small, and chemical denitrification is characterized to occur without soil microbes.

Denitrification is the reaction which nitrate or nitrite nitrogen are reduced to gases nitrogen (N₂) or nitrogen oxide (NO) by heterotrophic bacteria under anaerobic conditions and at the same time organic or inorganic substances are oxidized to release energy. That reaction is as follows:



In the course of denitrification, N₂O is emitted into the atmosphere. As mentioned above, nitrification is the phenomena that ammonium salts are oxidized to nitrite ion (NO₂⁻) and nitrate ion (NO₃⁻) by nitrifying bacteria in the soil. Nitrifying bacteria, which oxidize ammonium salts and assimilate carbon by the energy produced during nitrification, are chemo-autotrophs represented by two types of nitrifying bacteria. One of them is nitro-dioxide-bacteria which produces nitrite-nitrogen (NO₂⁻-N), and the other is nitrate-bacteria which oxidize nitrite-nitrogen to nitrate-nitrogen (NO₃⁻-N). When ammonium ion (NH₄⁺) exists in soil under aerobic condition, N₂O is produced in the course of nitrification of NH₄⁺, and Nitrosomonas genus of bacteria are mainly related to that procedure. The reaction of nitrification is as follows:



When NO₂⁻ or NH₂OH is added to soil, N₂O is emitted even under aerobic condition. It seems N₂O is produced not only enzymic reaction but also by chemical ones. Among N₂O producing procedures, it is considered that nitrification has the major effect on the N₂O concentration in the

atmosphere. A large amount of N_2O is emitted from arable lands, because nitrogen fertilizers such as urea and ammonium salts have been used. Besides, N_2O is also emitted from rivers, lakes and sea by activity of denitrifying bacteria.

Combustion of fossil fuels, wastes, sludge, and biomass are regarded as the another sources of N_2O . Factories have proved to be one of the sources of N_2O for long years, and N_2O has been produced from petroleum, natural gas, coal, NH_4^+ and HNO_3 used through their industrial production. Exhaust gas of automobiles also contain high concentration of N_2O in ppm scale.

3. Concentration of N_2O in the atmosphere

Concentration of N_2O in the atmosphere has increased at the rate of about 0.3% (0.14 - 1.04 ppb) annually by measurement in the North Atlantic Ocean and the Antarctic Continent performed from 1975 to 1985. According to research on ice core, N_2O concentration had been stable in the range of 285 ± 1 ppb from about 3,000 years ago to 19th Century, but after the Industrial Revolution, increase of N_2O concentration has been observed.

Recently, World Meteorological Organization (WMO) reported that N_2O concentration in the atmosphere has increased from 0.2 to 0.3% for the past 10 years. Combustion of fossil fuel, incineration of biomass and application of fertilizer, etc. are pointed out for the cause.

4. Amount of emitted N_2O

Emission of N_2O is affected by various environmental factors. Important factors are soil pH, organic matter contents, soil moisture, oxygen partial pressure, temperature and amount of precipitation. It is very difficult to estimate the amount of N_2O in global scale, because the procedure of production and extinction of N_2O have complicated relation to biochemical reaction in Nature.

Seiller et al. (1987) reported that the major sources of N_2O by human activities are fertilizer and incineration of biomass, and the emitted N_2O per year is 1.5 TgN (trillion g), and it corresponds to 10% of the total emission.

Lately, IPCC reported that combustion of fossil fuels, incineration of biomass and fertilizer applied to soil are considered N_2O sources by human activity, and the quantity of N_2O emission has increased in recent years.

5. Control of N₂O emission

In order to meet a demand of food in the world, it is unavoidable to expand arable land and increase fertilizer application. Areas of paddy field over the world had increased from 86×10^6 ha to 145×10^6 ha for 50 years (1935 through 1985), and the percentage of the world's production of nitrogen fertilizer had also increased by 60% for 10 years (1974 through 1983). That increasing tendency had continued since then.

As mentioned above, most part of N₂O emitted from arable land soil is considered to be produced in the course of nitrification. If we can control the procedure of nitrification in soil, N₂O emission could be decreased or be kept at the present state. The following countermeasures are proposed; improvement of application time of nitrogen fertilizer, split application of the fertilizer, use of slow-release or coated fertilizer, combined use of organic and nitrogen fertilizers, and use of urease inhibitor etc. Early practical use of some techniques to reduce N₂O emission is requested.

It is pointed out that N₂O flux in low land, upland, grassland and irrigation water have to be investigated, because a large quantity of N₂O is produced in agro-ecosystems. The balance of N₂O production-extinction in the global scale is not yet proved. It is necessary to get further information to resolve the problem.

Material and Methods

1. Methods of collection of air and soil gases

1) Collection of air samples

Five liter of air was collected by an air pump in a Tedlar gas sampling bag. Ten ml of the collected air was sucked from the bag into a vacuum sample tube and used for gas chromatography. Vacuum tubes for drawing blood were used for the collection of the air.

2) Collection of soil gases

A Wagner's pot (about 14 liters in volume) was placed on the surface of the soil upside down, and the drainage outlet of the pot was closed with a stopper. The air which accumulated in the pot was taken out by an injection needle through the stopper to a vacuum sample tube (10 ml).

2. Preparation of standard N₂O

The standard N₂O gas was prepared by the following procedure. A vacuum was created in a gas sampling bottle (500 ml in volume) by using a vacuum pump, and 0.5 l of N₂ (Ultra-pure nitrogen gas, 99.995%) was injected with a 100 ml syringe. An aliquot of 5 µl pure N₂O (> 98%, Showa Co., Ltd.) was added with a gas-tight syringe to the sampling bottle containing N₂ and the gases were mixed together well.

3. N₂O measurement by gas chromatography with electron capture

The gas chromatograph used was "CROMATÓGRAFO DE GÁS MODELO 370, INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS C. G. LTDA." made in Brazil.

In order to increase the sensibility to N₂O of the gas chromatograph and also to eliminate the fluctuations in the measurement values, all the parts of the gas chromatograph were checked. After repeated tests under different conditions, N₂O could be detected on a ppm scale by the gas chromatograph under the following conditions.

Carrier gas: N₂, Ultra-pure nitrogen gas, 99.995%.

Pre-column: Filled with Drierite (CaSO₄) and Ascarite (NaOH), placed at room temperature (not heated).

Separation Column: Column 3 m in length and 2 mm in diameter filled with Porapak Q and heated at 60°C.

Detector: Electron capture detector, ECD ³H, heated at 210°C.

Flow rate of carrier gas: 45 ml/min.

Electric conditions of amplifier: 64 x 10 kV, 10⁻⁸ A for N₂O in N₂
32 x 10 kV, 10⁻⁸ A for N₂O in air.

Samples of air and soil gases to be analysed were injected with a gas-tight syringe to the gas chromatograph. Through the pre-column the samples with the carrier gas were dehumidified and carbon dioxide was absorbed. The pre-column should not be heated. The gas samples flowing to the separation column filled with Porapak Q and N₂O were partitioned by the filler. The partitioned N₂O was detected by ECD ³H (tritium) under the above mentioned conditions.

Results

1. Emission of N₂O in the field of CPAC

The concentration of dinitrogen monoxide emitted from the soil and atmosphere in different fields of CPAC was determined. Disposable plastic cups (500 ml in volume) were used for collecting the soil gases, and they were placed upside down on the soil surface for 24 hours. Soil gas in the cups and atmosphere of the fields were collected in vacuum sample tubes. To obtain accurate values, the samples were sent to the National Institute of Agro-Environmental Sciences (NIAES), Tsukuba, Japan, and the concentration of N₂O was measured by gas chromatography. The results are shown in Table 1. The soil emission of N₂O varied from 17,5 to 21,5(μg/100 cm²/day), within the different crops. Values at atmospheric N₂O varied from 282 to 297 ppb, smaller than other values cited in the literature.

TABLE 1 - Emission of N₂O from CPAC fields.

Soils	Fields	Soil emission N ₂ O μg/100cm/day	Atmosphere ppb
Dark Red Latosol	cassava	21.6 ± 3.0	297.3 ± 14.0
	no cassava	20.5 ± 17.8	292.7 ± 12.7
	grass tr.	282.0 ± 24.0	
Red Yellow Latosol	soybean	17.5 ± 12.0	281.3 ± 14.6
	no soybean tr.	293.3 ± 23.0	
	grass tr.	282.0 ± 24.2	

2. Detection of N₂O in the atmosphere with CROMATÓGRAFO DE GÁS MODELO 370

Dinitrogen monoxide in the atmosphere was detected with a gas chromatograph, CROMATÓGRAFO DE GÁS MODELO 370, equipped at CPAC. One ml of atmosphere was used for gas chromatography. As shown on Figure 1, N₂O was detected on the chromatograms. The gas chromatographic conditions are also indicated in the legend of the figure.

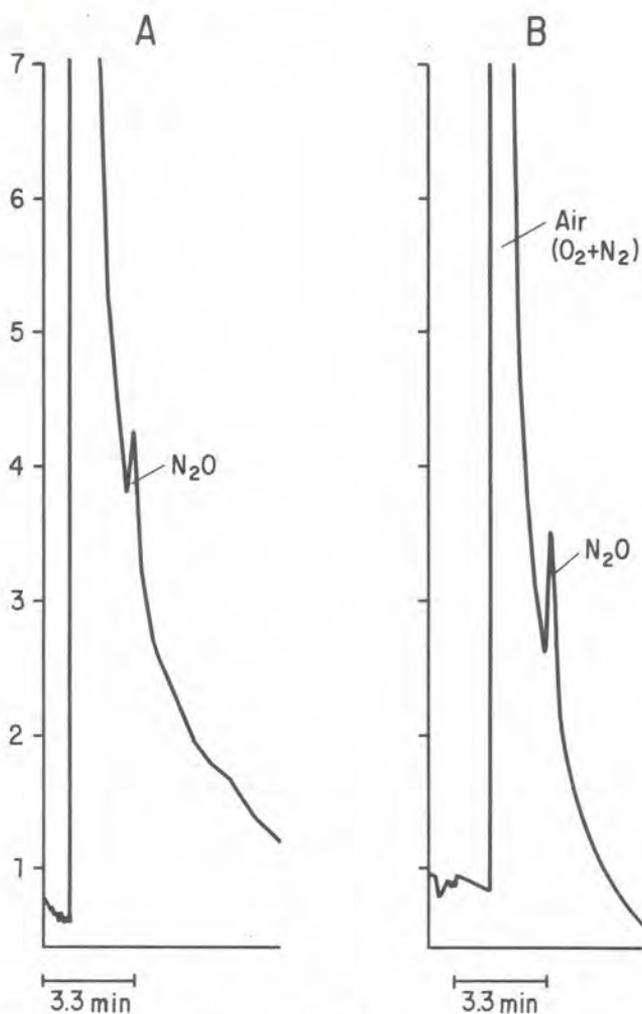


FIG. 1 - Typical chromatogram of N_2O in air.

Sample A: Air, B: Air + N_2O
 Gas chromatographic conditions
 Column 3 m x 2 mm i.d.
 Packing Porapak Q
 Temp. 55°C
 Carrier gas Ultra-pure N_2 (99.995%)
 Flow rate 45 ml/min
 Detector ECD 3H , Temp. 210°C
 Amp. 10 x 32 kV, 10^{-8}

3. Detection of N₂O emitted from soil with different applications of fertilizer

Experimental plots with different applications of fertilizer were prepared in the field of CPAC. Non-cultivated or cultivated (20 cm in depth) fields were combined with the application of Chilean saltpeter or urea (80 kgN/ha). Each 185 g of samples was collected after 16 days of treatment. To the samples 40 ml of water was added and they were kept at 25°C in airtight glass bottles. After 11 days, N₂O in the soil gas of the bottles was detected by gas chromatography. Gas-chromatograms are shown in Figure 2.

According to Figure 2, a large quantity of N₂O was detected from the soil samples amended with Chilean saltpeter, and the N₂O values were higher in the samples from cultivated fields than in those from non-cultivated fields.

4. Improvement for the use of the gas chromatograph Stable and reproducible measurement values could be obtained, if the gas chromatograph equipment could be improved as follows:

- 1) Improvement of the heating control system: The separation column and detector do not keep a constant temperature, and the measurement values show wide fluctuations.
- 2) Improvement of connecting parts of column: There is no special part for the connection of the pipe and column and consequently gas leaks at the connection.
- 3) Fitting of flow-changeable cocks: In order to avoid the decrease of the sensibility of the detector, the fitting of a flow-changeable cock is important. The detector will not be polluted, if the gases flow out through the flow-change cock.
- 4) Records for maintenance: Deterioration of the equipment could be checked by appropriate records of measurements and repairs.

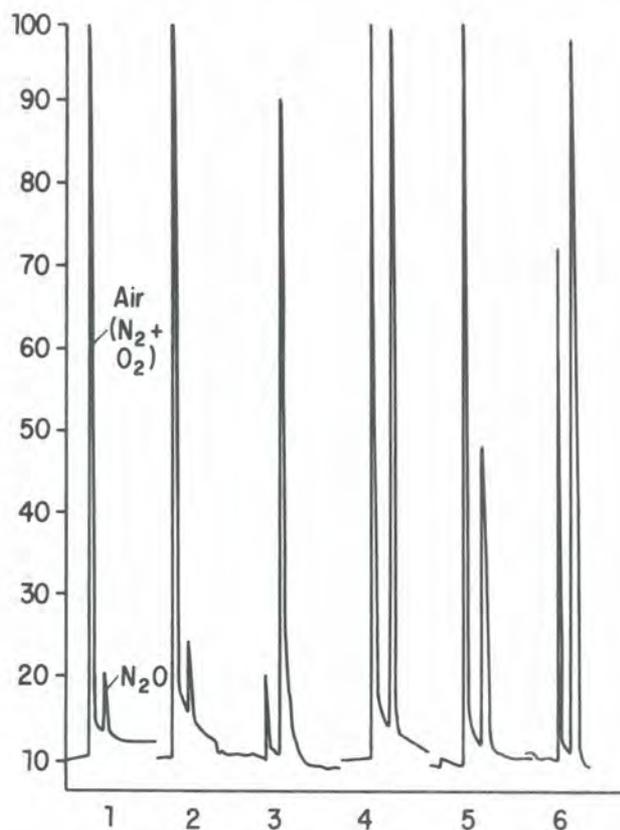


FIG. 2 - Emission of N₂O from soil with or without fertilizer application.

- 1: no-fertilizer, no-cultivation
- 2: no-fertilizer, 0-20 cm cultivation
- 3: chilean saltpeter application (80 kg N/ha), no-cultivation
- 4: chilean saltpeter application (80 kg N/ha), cultivation
- 5: urea application (80 kg N/ha), no-cultivation
- 6: urea application (80 kg N/ha), 0-20 cm cultivation

4. Remarks on the utilization of the gas chromatograph

Users should have adequate knowledge of the principles of gas chromatography to check errors of measurement. Operation of a gas chromatograph without understanding the importance of stability and calibration can not produce accurate results. The following aspects are important in practice.

- 1) The separation column should be activated by heating sufficiently before the measurement.
- 2) A leak of gas at the column connection and change of gas flow rate should be checked carefully.
- 3) The temperature of the separation column and detector should be stable.
- 4) A sample should be injected to the gas chromatograph, after confirmation that the base line on the recorder is constant.
- 5) A sample must be injected quickly to the gas chromatograph to avoid gas leak.

Conclusion

The gas chromatograph, CROMATÓGRAFO DE GÁS MODELO 370, can be used for the detection of N_2O emitted from soil by denitrification. To obtain accurate measurements, the conditions of operation and previous remarks should be considered. If only the temperature control system and heat interception of the equipment were improved, measurements would be more efficient and the fluctuations in the measurements could be eliminated.

In order to improve the sensibility and reproducibility of the measurements with the Brazilian-made gas chromatograph, it is important that researchers discuss with the engineers of the manufacturer the problems which may arise during the gas-chromatographic analyses.

References Bibliografics

- BOUWMAN, A.F. Soils and the greenhouse effect. New York: J. Wiley, 1990. p.25-32.
- HAHN, J. Nitrous oxide in Oceans. New York: J. Wiley, 1981. cap. 10.

- HIROTA, M. Gas-chromatographic measurements of nitrous oxide (N_2O) in air using a molecular sieve trap. **Bulletin of Chemical Society of Japan**, v. 51, p.3075-3076, 1978.
- HIROTA, M.; MURAMATSU, H.; MAKINO, Y.; SASAKI, T.; TOYAMA, Y. The vertical distribution of atmospheric CF_2Cl_2 , $CFCl_3$, and N_2O over Japan. **Journal of Meteorology Society of Japan**, v. 62, p.158-165, 1984.
- HIROTA, M.; MURAMATSU, H.; SASAKI, T.; MAKINO, Y.; ASAHI, M. Atmospheric concentration and distribution of CF_2Cl_2 , $CFCl_3$ and N_2O over Japan between 1979 to 1986. **Journal of Meteorology Society of Japan**, v. 66, p.703-708, 1988.
- INOUE, K.; MINAMI, K. Measurement of nitrous oxide (N_2O) flux emitted from grassland soil. *Nogyo Kisho (Agricultural Meteorology)* v. 41, p.145-149, 1985. Em japonês.
- KELLER, M. et al. *J. Geophysical Research*, v.91, p.11791, 1986.
- MINAMI, K.; FUKUSHI, S. Methods for measuring N_2O flux from water surface and N_2O dissolved in water from agricultural land. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 30, p.495-502, 1984.
- MINAMI, K. Emission of nitrous oxide (N_2O) from agro-ecosystem. **Japan Agricultural Research Quarterly**, v. 21, p.22-27, 1987.
- MINAMI, K.; OHSAWA, A. Emission of nitrous oxide dissolved in drainage water from agricultural land. In: BOUWMAN, A.F. ed., *J. Wiley* (1990). no prelo.
- MINAMI, K.; FUKUSHI, S. Effects of phosphate and calcium carbonate application on emission of N_2O from soil under aerobic conditions. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 29, p.517-524, 1983.
- MINAMI, K. Fluctuation of N_2O flux and dissolved N_2O in agricultural water zone. **Kankyo Joho Kagaku**, v. 17, p.53-56, 1988. Em japonês.
- MURAMATSU, H.; HIROTA, M.; MAKINO, Y. Gas-chromatographic measurements of dinitrogen oxide in air. **Bulletin of Chemical Society of Japan**, v. 55, p.117-120, 1982.
- SEILER, P.J.; CONRAD, R. Contribution of tropical ecosystem to the global budgets of trace gases, especially CH_4 , H_2 , CO , and N_2O . In: DICKSON, R.E. ed., *Geophysiology of Amazonia, vegetation and climate interaction*. New York: *J. Wiley*, 1986. p.133-160.
- TOGUCHI, M.; OHNO, S.; FUKUNISHI, H. Remote sounding of vertical profiles atmospheric ozone and nitrous oxide with tunable diode laser

- heterodyne spectrometer. **Journal of Meteorology Society of Japan**, v. 68, p.79-93, 1990.
- WMO. Scientific assessment of stratospheric ozone. Global ozone research and monitoring project. **Report N₂O**, v. 1, p.250-252, 1989.
- WMO/UNEP IPPC. Greenhouse gases and aerosols. Scientific assessment of climate change. **Section 1**, 3rd draft, 18-56, 1990.
- YOH, M.; YAGI, A.; TERAJ, H. Significance of low-oxygen zone for nitrogen cycling in a freshwater lake. Production of N₂O by simultaneous denitrification and nitrification. **Japanese Journal of Limnology**, v.51, p.163-171, 1990.
- YOH, M. Experimental examination on nitrous oxide accumulation during nitrification in a freshwater lake. **Japanese Journal of Limnology**, v.51, p.237-248, 1990.
- YOSHIDA, N. et al. **Nature** 342, 895, 1989.
- YOSHIDA, N. et al. **Nature** 335, 528, 1988.

