

Campina Grande, PB
Agosto, 2006

Autores

Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão
Eng. Agr., D.Sc., Pesquisador da
Embrapa Algodão, Caixa Postal 174,
Centenário, 58.107-720, Campina
Grande-PB. E-mail:
napoleao@cnpa.embrapa.br.



Fundo de Incentivo
à Cultura do Algodão em Goiás

Fisiologia da Produção do Algodoeiro



Entre as plantas superiores denominadas, na fitologia, espermatófitas, destaca-se o algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. raça *Latifolium* Hutch.), dicotiledônea de elevada importância econômica e social, cultivada em mais de 100 países do mundo e sua

fibra, seu principal produto, veste quase metade da humanidade, sendo utilizada como matéria-prima para a fabricação de tecidos em mais de 150 países dos 205 que, atualmente, existem no mundo. É uma das culturas que mais geram empregos no campo, em especial na China e na Índia, que tem mais de cinco milhões de hectares cultivados com algodão híbrido, com flores polinizadas manualmente, empregando cerca de 70 pessoas por hectare somente para este tipo de serviço. É uma planta considerada como sendo o “boi vegetal”, tendo somente a fibra, seu principal produto, responsável por mais de 43 % da vestidura da humanidade e a única que produz economicamente fibra, óleo (varia entre 14 a 28 % com relação ao peso seco da semente) e proteína, com média de 26 % e elevado valor biológico.

O algodoeiro é uma planta superior, de elevada complexidade morfológica e fisiológica, de elevada plasticidade fenotípica, com crescimento alométrico quase que perfeito entre as partes aéreas e subterrâneas, no tocante às taxas de crescimento e desenvolvimento heteroblástico. É muito sensível aos estresses anoxícticos e hipoxícticos, ausência ou deficiência de oxigênio no ambiente edáfico, apresenta ajustamento osmótico, além de outros mecanismos fisiológicos e bioquímicos, para resistência à seca e é, sabidamente, uma planta cultivada resistente aos sais do solo, até a condutividade elétrica de 9,0 dS/m, ou seja aproximadamente 6,7 g de sais/litro, para perder pouco, em média de 20% na capacidade de produção; neste último caso, somente para comparar, a mamona (*Ricinus communis* L.) é muito sensível, considerando as cultivares atuais, já atingindo o limiar (50% de redução) com somente 3.0 dS/m de condutividade elétrica no solo. Objetivou-se, com este trabalho, o aglutinar informações recentes e clássicas sobre a funcionalidade do algodoeiro herbáceo, como um fitossistema modular e autônomo, com suas particularidades e suas limitações fisiológicas, organográficas e ecofisiológicas, além das suas interações com agentes bióticos, causadores de doenças.

Considerações Gerais

O algodoeiro herbáceo tem inúmeros mecanismos para se defender das condições estressantes do ambiente, seja via abiótica, considerando o biotipo do seu agroecossistema ou bióticos, através dos demais componentes da biocenose; apresenta crescimento, ou seja, aumento irreversível de fitomassa [alongamento da célula, via pressão de turgor e o ácido indolilacético (AIA)], do tipo indeterminado, onde ocorre competição entre os órgãos vegetativos e reprodutivos, com alometria bem definida, o que caracteriza a existência de heterogonia, isto é, relação constante entre as razões de crescimento das diferentes partes da planta e desenvolvimento (mudança de fases da planta, de natureza qualitativa, englobando a morfogênese) do tipo heteroblástico, ou seja com diferenças entre as fases juvenil e adulta, em especial no que diz respeito aos trofófilos ou macrófilos.

O algodoeiro herbáceo tem metabolismo fotossintético do tipo C₃, com elevada taxa de fotorrespiração, superior a 40% da fotossíntese bruta, dependendo do ambiente, em especial luminosidade e temperatura que, quanto maiores mais a planta do algodão fotorrespira, desassimilando o carbono e, assim, reduzindo a fotossíntese líquida; apresenta taxa de produção de matéria seca ou taxa de crescimento da cultura baixa, menos que 15 g/m²/dia, contra mais de 40 g/m²/dia das plantas de metabolismo C₄, tendo um coeficiente de migração em torno de 20% considerando-se como produção econômica, o algodão em caroço. Dos componentes da produção, o mais importante é o número de capulhos por planta, sendo que o ideotipo do algodão é ter folhas pequenas e mais longevas, com movimentos diaheliotrópicos pronunciados, sementes pequenas, com menos de 7,5 g por 100 delas, elevado rendimento em fibra, superior a 40%, ramos frutíferos plagiotrópicos, baixo teor de óleo e de proteínas nas sementes com maior eficiência nutricional, resistência múltipla a doenças e, se possível, a pragas, maior número de sementes por fruto e com mais fibra por sementes.

Considerando-se a fibra, principal produto do algodão, constituída de uma única célula contendo mais de 95% de celulose, ela apresenta, quando totalmente madura, 25 camadas de celulose, cristalina, fibrilar e

amorfa, situadas na sua parede secundária; como parte viva da planta, a fibra recebe influência constante do ambiente e apresenta diversas respostas (strains) aos estresses do ambiente (temperatura; luminosidade; nutrição, por deficiência ou excesso; umidade relativa do ar e outros fatores); a reflectância da fibra, junto da resistência e da finura, que são as três características mais importantes e definem, junto com outras características tecnológicas, a qualidade intrínseca da fibra.

As camadas de celulose (polímero de glicose) são depositadas na parede secundária da fibra do algodão que, quando adulta, é constituída em mais de 95% deste polissacarídeo, uma das substâncias mais abundantes da natureza. Há, ainda, proteínas, em torno de 1,3%, porém de elevada importância, pois são os mordentes da fibra e que recebem, no processo de tingimento, os corantes, que dão cor ao tecido, sendo os fixadores das cores no fio e nos tecidos; as ceras também ocorrem, embora em menor quantidade, porém de suma importância, haja vista serem os lubrificantes naturais no processo de fiação, em que as fibras são submetidas a rotações superiores a 160.000 rpm, no caso dos rotores no processo de fiação de cabo aberto (Open End). A fibra do algodão tem origem em células da epiderme do óvulo que recebem estímulos bioquímicos e hormonais, crescem e se diferenciam das demais células. Na primeira fase, denominada alongação, que começa na antese ou mesmo um dia depois, a fibra cresce linearmente até cerca de 20 dias, durante os quais atinge um comprimento entre 20 a 30 cm e cerca de 10 dias depois da antese se inicia o crescimento das fibras mais curtas, denominadas línter, que representam, em média, 8% do peso da semente e têm várias aplicações industriais, como pólvora, algodão hidrófilo e celofane. A deposição de celulose na parede secundária tem início mesmo antes do final da primeira fase.

Ecofisiologia do Algodoeiro nas Condições do Cerrado para Elevadas Produtividades e Qualidade Global da Fibra

No Brasil, a cultura do algodão herbáceo teve, nos últimos dez anos e em especial nos cinco mais recentes, desenvolvimento extraordinário, com ganhos bastante

significativos na produtividade e seus componentes, além da percentagem de fibra e da própria qualidade intrínseca da fibra, com destaque para as características resistência e finura. Nos cerrados do Brasil, o algodão desponta como uma das principais culturas em produtividade a qual, em regime de sequeiro, sem irrigação suplementar, apresenta média superior a 1 100 kg de fibra/hectare, e com elevado rendimento industrial de fibras, às vezes superior a 40%.

Nos cerrados, onde ocorre grande diversidade de clima e de solos, representando cerca de 25% do território do Brasil, a cotonicultura é bastante avançada, com uso intensivo de insumos modernos, em especial defensivos agrícolas, fertilizantes, reguladores de crescimento e maturadores; adicionalmente, os produtores, a maioria de alto nível de conhecimento, sabem usar os métodos de cultivo e extrair o máximo da cultura e no uso do substrato ecológico; além do preparo do solo de forma mínima e do plantio direto, que aumenta a infiltração da água no mesmo, evita a erosão, e produz outros benefícios para a sustentabilidade do agroecossistema; nos sistemas de cultivo se incluem a rotação de culturas, a adubação equilibrada, verificando-se as relações entre os nutrientes, além das quantidades disponíveis de cada um deles no solo, o uso correto da época de plantio, das populações de plantas, manejo adequado de pragas, doenças e plantas daninhas e uma colheita eficiente. Há necessidade, portanto, de se levar em consideração a denominada “Árvore do Conhecimento para a Cultura”, com todos os seus passos tecnológicos, desde o zoneamento agroecológico (define a época de plantio, e locais de menor risco climático e, assim, maiores possibilidades de sucesso na cultura), até o mercado e a comercialização do produto e co-produtos.

Existem problemas a serem solucionados, tal como o elevado custo de produção, crescente a cada ano; em algumas localidades onde as chuvas são mais intensas, com maior nebulosidade, elevada umidade relativa do ar, a ocorrência de doenças é bem maior que em locais mais secos, o que conduz à necessidade de se utilizar fungicidas para o controle dos fungos causadores das doenças. O algodão tem potencial para produzir até 20 t de algodão em caroço por hectare e já se chegou a mais de 10 t/ha, com mais de 40% de fibra, porém há

várias limitações internas. Ressalta-se o metabolismo da planta como fotossíntese do tipo C₃, com elevada fotorrespiração, podendo ser superior a 40% da fotossíntese bruta; limitações de ordem bioquímica, como o retorno da ribulose 1,5 difostato nas reações do “escuro” da assimilação clorofiliana e limitações de ordem externa, como a baixa capacidade de captação bem distribuída da radiação solar no dossel vegetal, tendo estrutura planofilar, com coeficiente de extinção da luz maior que um, sendo o máximo nas plantas cultivadas, com um baixo LAI 95%, crítico do dossel vegetal; além desses fatores mais ligados à organografia da planta, sua fisiologia, bioquímica e biofísica, ocorram limitações do ambiente, tais como as deficiências nutricionais dos solos, ainda o baixo nível do dióxido de carbono na atmosfera, em que este se agrava pela baixa afinidade da enzima de carboxilação do CO₂, a rubisco, que é mais oxigenase que carboxilase, sendo oligomérica, com uma das suas cadeias codificadas por genes nucleares e outra por genes do cloroplasto, independente do comando da célula, e outros aspectos do meio ambiente, com seus diversos agentes estressores.

Bases Fisiológicas e Bioquímicas da Resistência da planta do Algodoeiro Herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. Raça latifolium Hutch.) às doenças , e suas Interações com os Fatores do Ambiente

O algodoeiro herbáceo, como já explicitado de forma parcial, é uma planta de organografia complexa , que apresenta pelo menos três tipos de folha (prófilos, folhas do fruto e folhas do ramo), dois tipos de ramificação (monopodiais e simpodiais), metabolismo fotossintético C₃, com elevada taxa de fotorrespiração, porém é heliófila, não se saturando ao máximo da intensidade luminosa, quando em condições de campo e tem crescimento indeterminado, além de ser resistente a saís e à seca de modo geral.

A resistência ou susceptibilidade da planta do algodoeiro às doenças, em especial àquelas causadas por agentes bióticos, como bactérias, fungos e vírus, depende da constituição genética da espécie, raça e cultivar do algodoeiro, além dos aspectos externos do meio ambiente, em especial da temperatura, umidade

relativa do ar, presença de orvalho e de outros fatores, inclusive do ambiente edáfico, como grau textural, conteúdo de matéria orgânica, tipo de argila etc; outrossim, o manejo da cultura e domínio da manipulação cultural, também influenciam na incidência das doenças, como nutrição mineral equilibrada, método do preparo do solo, o caso do plantio direto que pode ter interferência na resistência relativa da cultura a determinados patógenos causadores de doenças ou desequilíbrios no metabolismo das plantas que são fisiologicamente sistemas modulares interdependentes.

O algodoeiro, em especial nas condições de clima e de solos do cerrado do Centro-Oeste e de outras regiões do País, tem sido atacado por diversos agentes causadores de doença que podem comprometer a produtividade e a qualidade dos produtos obtidos, em especial a pluma ou fibra, o principal deles. A melhor e menos custosa técnica para reduzir, ou mesmo evitar as doenças, é o uso de cultivares resistentes de preferência com resistência múltipla as principais doenças, tendo-se, assim, uma base genética, ou seja, a expressão de determinadas proteínas de que, por si só, ou via transformações em produtos, impede a multiplicação interna ou externa do agente causador de determinada doença; por outro lado, todo e qualquer estresse ambiental predispõe as plantas aos agentes infecciosos e ocasionam mais doenças estabelecendo-se às vezes, síndromes, com sintomatologia muitas vezes complexas. As plantas bem nutridas, com ambiente edáfico bem estruturado e adequado suprimento hídrico e cultura bem conduzida, independentem da cultivar, são mais resistentes aos agentes causadores de doenças.

As plantas do algodoeiro procuram adaptar-se aos agentes estressores, alterando o balanço de hormônios (promotores e retardadores do crescimento) e outros componentes envolvidos na capacidade de resistência aos patógenos, como as fitoalexinas, que são metabólitos secundários de natureza química diversificada, como fenilpropanóides, que não estão presentes nas plantas antes da infecção e depois que o patógeno entra em contacto com o hospedeiro, no caso o algodoeiro; os agentes eliciadores, que são substâncias de reconhecimento do patógeno, que o

hospedeiro apresenta, podendo ser de natureza protéica; esteróides e fragmentos de polissacarídeos, sendo que varia de acordo com a natureza genética da cultivar, se é mais ou menos resistente a um agente infeccioso. Plantas de algodão com deficiência de potássio, por exemplo, que caracteriza uma doença fisiogênica e provoca o incremento de aminoácidos livres que contribuem para a redução dos fenóis, são bem mais susceptíveis a fungos, como *Stemphylium*, *Cercospora* e *Alternaria*, causadores de manchas foliares. O uso de plantas de cobertura, no plantio direto, como o amendoim bravo, *Arachis pintoi*, independente do nível de resistência da cultivar de algodão, aumenta a resistência das plantas a viroses e a bactérias; fatores que aumentam a disponibilidade de manganês no solo, como mais baixo pH, desde que não comprometa a fisiologia da planta, fertilizantes amoniacais, rotação cultural e o uso de *Trichoderma*, reduzem a severidade das doenças. O excesso de nitrogênio na planta do algodão reduz a produção de compostos fenólicos, que são fungistáticos e de lignina nas folhas, diminuindo a resistência aos patógenos. Plantas deficientes em cálcio têm problemas na integridade das membranas celulares, que ficam quase sem seletividade e permitem, desta forma, que os patógenos penetrem com mais facilidade na planta e promovam doenças. Finalizando, pode-se dizer que sempre que possível, associado a elevada capacidade de produção da planta, elevada percentagem de fibra, superior a 40% (rendimento industrial) e qualidade intrínseca da fibra, deve-se usar cultivares com resistência múltipla as doenças e o manejo cultural bem feito, para que as doenças bióticas não se estabeleçam em níveis elevados, incrementando os custos de produção, reduzindo as produtividades e a qualidade da produção.

Considerações Finais

O algodoeiro é uma planta diferente das demais, considerando-se a média das reações ao ambiente e suas variações com seus agentes estressores e sua complexa organografia, fisiologia, metabolismo e bioquímica. Há um longo caminho a percorrer para o atingimento do seu potencial fotossintético e de produtividade que, como foi dito anteriormente, é próximo dos 20.000 kg de algodão em caroço por

hectare, ou seja, mais de 8.000 kg de fibra por hectare, caso se venha conhecer tudo sobre ele, e ter o ambiente otimizado em termos de luminosidade, temperatura, umidade relativa do ar, nível do dióxido de carbono na atmosfera, entre outros fatores externos. Um dos aspectos que deverão ser estudados no futuro próximo, com auxílio da biotecnologia, em especial do uso do DNA recombinante, será a redução, ou mesmo a extinção, do processo da fotorrespiração, que se reduz nas condições tropicais, com elevada intensidade de luz, alta densidade do fluxo radiante e elevada temperatura média, em torno de 40% da fotossíntese bruta. Com redução deste fenômeno, que envolve três organelas celulares e com o melhoramento para desenvolvimento de cultivares com maior índice de colheita ou coeficiente de migração, haverá incremento na produtividade econômica (drenos úteis, que são fibra + sementes) do algodão; uma outra linha a ser seguida é otimizar os principais componentes da produção para a síntese de um ideótipo de algodão para elevada produtividade, com fibra de qualidade superior às atuais, tendo ainda folhas pequenas.

O algodoeiro herbáceo, ou anual ou, ainda, “ Upland ,” é uma planta dotada de elevada plasticidade fenotípica capacidade de produzir bem, mesmo em condições de estresses do ambiente, desde que se maneje o seu sistema de produção com racionalidade técnica e científica; sua fisiologia e ecofisiologia devem ser levadas em consideração no planejamento agrícola, para que se obtenham maiores rendimentos e melhor qualidade do seu principal produto, a fibra, para que o uso dos produtos como reguladores de crescimento, maturadores, fertilizantes etc, seja melhor com economia de produtos e maior resposta das plantas.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, O.A. de; BELTRÃO, N.E. de M.; GUERRA, H.O.C. Crescimento, desenvolvimento e produção do algodoeiro herbáceo em condições de anoxia do meio edáfico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p.1259-1272, set. 1992.
- BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D.M.P. de. **Defasagem entre as produtividades real e potencial do algodoeiro herbáceo : limitações morfológicas, fisiológicas e ambientais**. Campina Grande, PB: EMBRAPA – CNPA, 1993. 108 p. (EMBRAPA – CNPA. Documentos, 39).
- BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; SANTOS, J.W. dos S. Modificações no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro herbáceo sob saturação hídrica do substrato em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n. 4, p. 391-397, abr. 1997.
- BENEDICT, C.R. Physiology . In: KOHEL, R.J.; LEWIS, C.F. (Eds.) **Cotton**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy , 1984 .p. 151-201.
- CHERRY, J.P.; LEFFLER, H.R. Seed. In: KOHEL, R.J.; LEWIS, C.F. (Eds.). **Cotton**. Madison, Wisconsin, USA. American Society of Agronomy. 1984. p.512-570.
- FONSECA, R.G.; SANTANA, J.C. de F.; BELTRÃO, N. E. de M.; FREIRE, E .C.; SANTOS, J.W. dos; VALENÇA, A. R . Potencialidades tecnológicas de fibra disponíveis nos programas de melhoramento genético da Embrapa Algodão nos Estados do Ceará e do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8,n.1,p.763-769, jan-abr .2004.
- HEARN, A.B.; CONSTABLE, G.A. Cotton. In: GOLDSWORTHY, P.R.; FISHER, N.M. (Eds.) **The Physiology of tropical field crops**. New York: John Wiley, 1984 . p.495-527.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: RIMA, 2000. 531 p.
- MOTA, F.S. da . **Meteorologia agrícola** . São Paulo: Nobel, 1976. 376 p.
- PARRY, G . **Le cotonnier et ses produits** . Paris, France : G-P Maisonneuve & Larose,. 1982 . 502 p.
- SCHUBERT, A.M.; BENEDICT, C.R.; BERLIN, J.D.; KOHEL, R.J. Cotton fiber development – kinetics of cell elongation and secondary wall thickening . **Crop Science**, v.13, p.704-709,1973.
- SEAGULL, R.; ALSPAUGH, P. **Cotton fiber development and processing an illustrated overview**. Texas: International Textile Center, 2001. 88 p.

SOUZA, J.G. de ; BELTRÃO, N.E. de M. ;
SANTOS, J.W. dos . Influência da saturação hídrica do
solo na fisiologia do algodão em casa de vegetação.
Revista de Oleaginosas e Fibrosas, v.1, n.1, p.63-
71, dez. 1997.

STREET, H.E. ; OPIK, H. **Fisiologia das angiospermas:**
crescimento e desenvolvimento .São Paulo, Polígono,
1974. 315 p.

TAHA, M . G . ; BOURÉLY, J . Etude en microscopie
électronique de la formation des parois des fibres du
Gossypium barbadense L. En Egypte. **Coton et Fibres
Tropicales**, v,44, n.2, p.95-109, 1989.

PARRY, G . **Le cotonnier et ses produits** . Paris,
France : G-P Maisonneuve & Larose,. 1982 . 502 p.

**Circular
Técnica, 94**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Algodão
Rua Osvaldo Cruz, 1143 Centenário, CP 174
58107-720 Campina Grande, PB
Fone: (83) 3315 4300 Fax: (83) 3315 4367
e-mail: sac@cnpa.embrapa.br

1ª Edição
Tiragem: 2000

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

**Comitê de
Publicações**

Presidente: Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão
Secretária Executiva: Nivia Marta Soares Gomes
Membros: Cristina Schetino Bastos
Fábio Akiyoshi Suinaga
Francisco das Chagas Vidal Neto
Gilvan Barbosa Ferreira
José Américo Bordini do Amaral
José Wellington dos Santos
Nair Helena Arriel de Castro
Nelson Dias Suassuna

Expedientes: Supervisor Editorial: Nivia M.S. Gomes
Revisão de Texto: Nisia Luciano Leão
Tratamento das ilustrações: Geraldo F. de S. Filho
Editoração Eletrônica: Geraldo F. de S. Filho