

APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E 2,4-D COMO REGULADOR DE CRESCIMENTO EM MILHO

II. NUTRIENTES NAS FOLHAS E GRÃOS¹

PAULO REGIS FERREIRA DA SILVA² e LAURO AKIO OKUYAMA³

RESUMO - Com o objetivo de estudar os efeitos da aplicação de nitrogênio e 2,4-D nos teores de nutrientes nas folhas e grãos, conduziu-se um experimento com a cultura do milho (*Zea mays* L.) na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no município de Guaíba, RS, no ano agrícola de 1981/82. Os tratamentos constaram de duas doses de nitrogênio (40 e 120 kg/ha de N) e quatro doses de 2,4-D (0, 80, 160 e 240 g e.a./ha). Os teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas foram determinados, onze dias após a aplicação de 2,4-D, e no período do espigamento, até 60 dias após, a cada doze dias. Com a aplicação de 2,4-D, evidenciou-se efeito significativo somente no teor de potássio, na amostragem realizada onze dias após a sua aplicação. Com 120 kg/ha de N, os teores de N nas folhas foram mais altos do que com 40 kg/ha de N, desde o espigamento até 60 dias após o espigamento. A dose mais alta de nitrogênio elevou os teores desse nutriente na folha. Além disso, aumentou o teor de fósforo da folha no período do espigamento até 60 dias após. As percentagens de nutrientes nos grãos não foram afetadas pelas aplicações de nitrogênio e 2,4-D.

Termos para indexação: *Zea mays* L., teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

APPLICATION OF NITROGEN AND 2,4-D AS GROWTH REGULATOR IN CORN II. NUTRIENT CONTENTS IN LEAVES AND GRAINS

ABSTRACT - A field experiment was carried out at the Estação Experimental Agrônômica/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, in Guaíba, RS, Brazil, to evaluate the effects of nitrogen and 2,4-D applications on nutrient contents of corn (*Zea mays* L.) leaves and grains. Treatments were composed by two nitrogen levels (40 and 120 kg/ha N) and four 2,4-D levels (0, 80, 160 and 240 g e.a./ha). Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium contents in leaves were determined eleven days after 2,4-D application and, at twelve day intervals, from silking to 60 days after silking. 2,4-D treatments affected significantly only potassium content in leaves, sampled eleven days after its application. With 120 kg/ha N, nitrogen and phosphorus contents in leaves were higher than with 40 kg/ha N, from silking to 60 days after silking. The highest dose of N per ha increased the N content in the leaves. In addition, it increased the P content in the leaves, from silking to 60 days after silking. Nutrient contents in grains were not affected by 2,4-D and nitrogen treatments.

Index terms: *Zea mays* L., phosphorus, potassium, calcium and magnesium contents.

INTRODUÇÃO

Um dos usos de reguladores de crescimento em plantas de lavoura visa aumentar a eficiência da planta, promovendo aumento na qualidade e no rendimento de grãos. Este aumento de eficiência estaria relacionado com alterações em alguns fatores, tais como taxa de assimilação líquida, índice de área foliar, respiração e translocação dos assimilados. Além desses, poderia haver alterações na

taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos, duração do período de enchimento dos grãos, absorção de nutrientes e senescência.

A principal utilização do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) na agricultura tem sido como herbicida no controle de plantas daninhas de folhas largas. Entretanto, é de conhecimento geral que o 2,4-D, em concentrações adequadas, apresenta propriedades de fitoregulador de crescimento. Dentre outros efeitos, a aplicação de 2,4-D como regulador de crescimento determina alterações na absorção de nutrientes por algumas espécies de plantas, constituindo uma das causas dos aumentos de rendimento alcançados com a sua aplicação.

Fang & Butts (1954) obtiveram, em feijoeiros tratados com 2,4-D, uma redução no movimento ascendente de P radioativo às folhas, sendo que a intensidade de redução foi proporcional à quanti-

¹ Aceito para publicação em 6 de julho de 1983.

Parte do trabalho de dissertação do segundo autor para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Dep. de Fitot. Fac. de Agron. da UFRS.

² Eng.º Agr.º, Ph.D., Prof.-Adjunto do Dep. de Fitot., Fac. de Agron., UFRS, bolsista do CNPq, Caixa Postal 776, CEP 90000 - Porto Alegre, RS.

³ Eng.º Agr.º, M.Sc., Inst. Agron. do Paraná (IAPAR), Caixa Postal 1331, CEP 86100 - Londrina, PR.

dade de 2,4-D aplicada. Essas plantas receberam o tratamento com 2,4-D quando apresentavam folhas primárias completamente desenvolvidas e foram amostradas sete dias após.

Rebstock et al. (1954) verificaram, em feijoeiros tratados com 2,4-D, um menor teor de P na folha e um maior teor na haste, não havendo variação deste nutriente na raiz. As plantas foram tratadas quando as primeiras folhas estavam se expandindo, aproximadamente, dez dias após o plantio, e amostradas seis dias após a aplicação do tratamento.

Cooke (1957) verificou um considerável aumento inicial na absorção de K, Cl, Ca e S em feijoeiros pulverizados com 2,4-D, quando estes apresentavam folhas primárias completamente expandidas. Todavia, aproximadamente, 24 horas após a aplicação, o 2,4-D causou uma inibição na absorção mineral.

Em um trabalho realizado por Devlin & Karczmarczyk (1977), em plantas de trigo, com nove dias, e de soja, com 14 dias, mantidas em soluções contendo diferentes concentrações de 2,4-D por 72 horas, foi observado que a absorção de N e P foi estimulada pelo 2,4-D e que altas concentrações desta substância interferiram na translocação de N, P e K da raiz para a parte aérea.

Estes efeitos do 2,4-D obtidos nos diferentes trabalhos, possivelmente, estão relacionados com a respiração celular. Segundo Smith (1948), a aplicação de 2,4-D, em doses baixas, favorece a respiração dos tecidos, enquanto que altas concentrações a inibem. Em função disto, supõe-se que a maior absorção de nutrientes tenha resultado da ativação da respiração das células da raiz, enquanto que altas concentrações a inibiram.

Quanto ao nitrogênio, alguns experimentos relatam que a sua aplicação influencia mais o teor de fósforo da folha do que o dos demais nutrientes. Em áreas com deficiência de nitrogênio, tem-se observado um menor teor de P nas folhas (Krantz & Chandler 1951, Bennett et al. 1953, Viets Junior et al. 1954, Hanway 1962b). O aumento do teor de P nas folhas em função da aplicação de nitrogênio tem sido atribuído ao possível incremento do sistema radicular que, assim, contacta mais fósforo no solo (Viets Junior et al. 1954).

Krantz & Chandler (1951) verificaram aumen-

tos dos teores de N, P e K nas folhas, em função da adubação nitrogenada. No entanto, Bennett et al. (1953) verificaram acréscimos significativos nos teores de N e P e um pequeno incremento no teor de K na folha. Segundo Viets Junior et al. (1954), o efeito da adubação nitrogenada no teor de K aparentemente varia com as condições locais e com a forma química na qual o nitrogênio é aplicado. Assim, o efeito de um elemento sobre outro pode exercer uma profunda influência na interpretação dos dados na análise foliar.

Levando-se em consideração a importância do nitrogênio nas plantas e uma possível interação da aplicação foliar de 2,4-D com este nutriente, conduziu-se um experimento de campo, com a cultura do milho, com o objetivo de estudar os efeitos da aplicação de doses de 2,4-D e de nitrogênio nos teores de nutrientes nas folhas e grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo na Estação Experimental Agrônômica da UFRS, situada no município de Guaíba, RS, na região fisiográfica da Depressão Central, durante o ano agrícola de 1981/82.

O solo é classificado como Laterítico Bruno-Avermelhado Distrófico. É um solo profundo, com textura franco-argilosa, bem drenado, de coloração avermelhada e desenvolvido a partir de granitos. A análise granulométrica e química da área experimental, realizada antes da instalação do experimento, revelou os seguintes valores:

granulométrica: 32% de areia grossa, 15% de areia fina, 15% de silte e 34% de argila.

química: pH em água (5,6), necessidade de calcário pelo método SMP para pH 6,0 (1,0 t/ha), teor de matéria orgânica por combustão úmida (2,1%), fósforo (18 ppm) e potássio (150 ppm), extraíveis pelo método de Mehlich, conforme Mielniczuk et al. (1969).

O clima do município está situado numa região de transição entre os tipos Cfa 1 e Cfa 2 da classificação de Köppen.

Como adubação de manutenção, aplicaram-se 20, 80 e 50 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente.

A semeadura foi realizada no dia 28 de setembro de 1981, através de uma plantadeira manual, deixando três grãos do milho híbrido precoce Pioneer 6872 por cova, a cada 16,6 cm.

A emergência das plantas ocorreu nove dias após a semeadura. Efetuou-se o desbaste 16 dias após, mantendo-se, assim, uma densidade equivalente a 60.000 plantas/ha.

O nitrogênio foi adicionado ao solo em dois níveis, 40 e 120 kg/ha, utilizando-se o sulfato de amônio como fonte. Nos tratamentos com 40 kg/ha de N, aplicaram-se

20 kg/ha de N, por ocasião da semeadura, e 20 kg/ha de N, aos 28 dias após a emergência das plantas. Nos tratamentos correspondentes a 120 kg/ha de N, o nitrogênio foi aplicado em três épocas: 20 kg/ha de N na semeadura, 50 kg/ha de N aos 28 dias após a emergência das plantas e 50 kg/ha de N aos 54 dias após a emergência das plantas.

A aplicação foliar dos tratamentos de 2,4-D (sal dimetil amina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético, com 720 g/l de equivalente em ácido), nas doses de 0, 80, 160 e 240 g e.a./ha, foi realizada aos 33 dias após a emergência das plantas. Nesta ocasião, as plantas encontravam-se no início da diferenciação do primórdio floral, correspondendo ao estágio 2 da escala de Hanway (1963), em que o colar da oitava folha era visível.

Os tratamentos foram arranjados em delineamento com parcelas subdivididas, com cinco repetições. Nas parcelas principais, foram alocadas as doses de nitrogênio e nas subparcelas as doses de 2,4-D.

O experimento foi conduzido com suplementação hídrica, sendo o controle de umidade do solo realizado com tensiômetros instalados a 30 e 60 cm de profundidade. Procurou-se evitar, mediante irrigações, que a tensão da umidade do solo atingisse o valor de 0,7 bar.

Todas as análises de nutrientes dos tecidos (N, P, K, Ca e Mg) foram realizadas em três repetições.

A primeira amostragem de folhas, para a determinação dos teores de nutrientes, foi realizada onze dias após a aplicação foliar de 2,4-D (16 dias após a primeira aplicação de nitrogênio em cobertura). Nesta ocasião, destacou-se, de dez plantas, a última lâmina foliar completamente desenvolvida, correspondendo, em média, à décima primeira folha com colar visível. As outras amostragens foram realizadas a partir do espigamento até 60 dias após, a cada doze dias, destacando-se a lâmina foliar correspondente à espiga superior de cinco plantas por subparcela.

As análises de nutrientes de tecidos foram realizadas de acordo com os métodos preconizados pela Fundação Instituto Agrônomo do Paraná (1980). As amostras de tecido vegetal, após secadas, foram moídas passando por peneiras de 20 mesh. O nitrogênio foi extraído digerindo-se 0,200 g de tecido em ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio. Para a sua determinação, utilizou-se o método semimicro-kjeldahl.

Para as análises de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, foram utilizadas amostras de 0,500 g de tecido, digeridas em mistura nitroperclórica. O fósforo foi determinado pelo método colorimétrico, utilizando-se como redutor o ácido ascórbico, e o potássio, por fotometria da chama. Para as determinações de cálcio e magnésio foi utilizada a espectrofotometria de absorção atômica.

Os dados foram submetidos à análise de variância com o teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. Equações de regressão foram ajustadas para estimativa dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas, em função da época de amostragem. Todos os

valores r^2 correspondentes às equações de regressão foram significativos ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na amostragem de folhas realizada onze dias após a aplicação foliar de 2,4-D (16 dias após a primeira aplicação nitrogenada em cobertura), verificou-se aumento significativo somente no teor de nitrogênio, na dose mais alta deste nutriente, na média das doses de 2,4-D (Tabela 1).

Nessas mesmas amostras, observou-se um aumento significativo no teor de K, devido à aplicação de 2,4-D, nas doses de 80 a 160 g e.a./ha, em ambos os níveis de nitrogênio (Tabela 1).

O efeito da aplicação do 2,4-D na nutrição de plantas, ainda não está bem esclarecido. Segundo Smith (1948), a aplicação de 2,4-D em baixas concentrações favorece a respiração dos tecidos, enquanto que em altas concentrações a inibe. Esse resultado foi usado por Cooke (1957) para explicar um aumento e posterior diminuição na absorção de K, Cl, Ca e S, em feijoeiro, 24 horas após a aplicação de 2,4-D. Dessa forma, o referido autor supôs que a translocação de 2,4-D às raízes, quando em baixas concentrações, estimularia a absorção de nutrientes e, em altas concentrações, determinaria uma conseqüente diminuição na absorção.

No presente experimento, como foi analisada somente a última folha completamente desenvolvida, não foi possível tirar conclusões em termos de absorção de nutrientes. No entanto, como os resultados mostraram aumento no teor de K das folhas nas doses de 80 e 160 g e.a./ha, é provável que o 2,4-D tenha estimulado a respiração das células das raízes nessas concentrações e, assim, incrementado a absorção desse nutriente. Esta resposta foi manifestada somente para o potássio, possivelmente, devido à alta percentagem desse elemento no solo e à eletronegatividade das células, que favorece a absorção de cátions. O potássio é o nutriente mais facilmente absorvido em relação aos demais, conforme observações de Mengel & Kirkby (1978).

Por ocasião do espigamento, os teores de nutrientes na folha correspondente à espiga superior não foram afetados pela aplicação de 2,4-D.

Por outro lado, verificaram-se, nessas amostras, maiores teores somente de nitrogênio, nos trata-

TABELA 1. Teores de N, P, K, Ca e Mg na folha de milho em função da aplicação foliar de 2,4-D, onze dias após a aplicação, em duas doses de nitrogênio.

Tratamentos		Teores de nutrientes - matéria seca %				
N (kg/ha)	2,4-D* (e.a./ha)	N	P	K	Ca	Mg
40	0	2,41	0,28	2,17 b **	0,29	0,19
	80	2,28	0,26	2,57 a	0,24	0,16
	160	2,56	0,27	2,40 a	0,28	0,17
	240	2,36	0,24	2,17 b	0,25	0,16
Média		b*** 2,40	a 0,26	b 2,32	a 0,26	a 0,17
70 ¹	0	2,77	0,25	2,13 b	0,24	0,15
	80	2,75	0,26	2,40 a	0,24	0,14
	160	2,65	0,26	2,37 a	0,24	0,15
	240	2,71	0,25	2,10 b	0,25	0,14
Média		a 2,72	a 0,26	a 0,25	a 0,24	a 0,15

* Não se evidenciaram diferenças significativas entre os tratamentos de 2,4-D, nas doses de nitrogênio.

** No caso de K, as letras colocadas à direita do número implicam uma comparação vertical entre os tratamentos de 2,4-D, na mesma dose de nitrogênio.

*** As letras colocadas à esquerda do número implicam uma comparação vertical entre as doses de nitrogênio, na média dos tratamentos de 2,4-D. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente ($P > 0,05$).

Por ocasião da realização desta determinação, a terceira fração do nitrogênio, 50 kg/ha, ainda não tinha sido aplicada nos tratamentos correspondentes a 120 kg/ha de N.

mentos com 120 kg/ha de N, em relação aos com 40 kg/ha de N, na média das doses de 2,4-D. Os valores obtidos foram 1,98 e 2,46% de N nas folhas, para as doses de 40 e 120 kg/ha de N, respectivamente.

Os teores de nutrientes obtidos no presente experimento foram inferiores aos verificados por Tyner (1946), Viets Junior et al. (1954), Melsted et al. (1969) e Voss et al. (1970). No entanto, isto não implica baixos teores de nutrientes na folha, pois esses dados apenas dão uma idéia do nível nutricional na planta. Para uma interpretação segura há necessidade de informações adicionais, pois os teores de nutrientes no tecido podem ser afetados por diversos fatores, tais como temperatura (Reichman et al. 1959), locais e anos (Smith 1962), solo e fatores climáticos (Voss et al. 1970), folha amostrada (Tanaka & Yamaguchi 1972), idade da planta (Sayre 1948) e híbrido utilizado.

No período do espigamento até 60 dias após,

nas folhas amostradas a cada doze dias, não se evidenciaram respostas significativas da aplicação de 2,4-D, nos teores de N, P, K, Ca e Mg. Nessas amostras, observaram-se, nos tratamentos com 120 kg/ha de N, aumentos significativos no teor de nitrogênio da folha em relação aos tratamentos com 40 kg/ha de N, na média das doses de 2,4-D.

Em ambos os tratamentos de nitrogênio, na média das doses de 2,4-D, verificaram-se diminuições no teor de N, do espigamento a 60 dias após, sendo que esse decréscimo foi mais intenso nos tratamentos com 120 kg/ha de N (Fig. 1). Isto provavelmente ocorreu devido à maior força de demanda dos grãos apresentada pelos tratamentos com 120 kg/ha de N em relação aos tratamentos com 40 kg/ha de N.

O teor de fósforo da folha, no período do espigamento até 60 dias após, foi maior nos tratamentos com 120 kg/ha de N, na média das doses de 2,4-D. Para ambos os níveis de nitrogênio, o teor

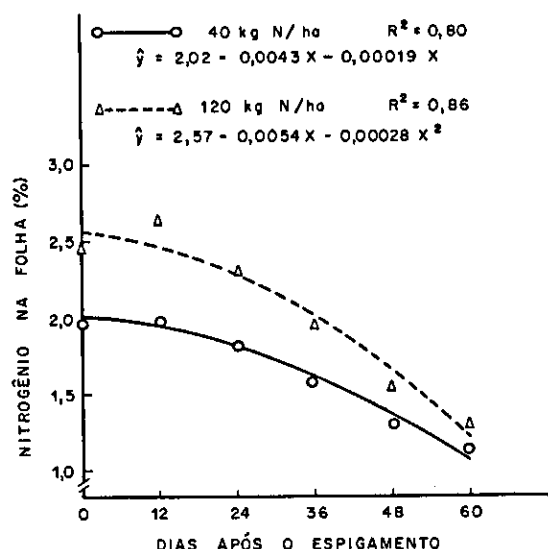


FIG. 1. Teor de nitrogênio na folha correspondente à espiga superior de milho, no período de espigamento a 60 dias após, em duas doses de nitrogênio, na média dos tratamentos de 2,4-D.

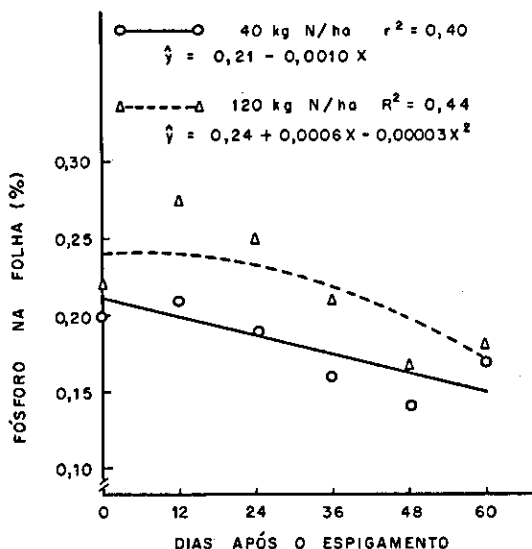


FIG. 2. Teor de fósforo na folha de milho correspondente à espiga superior de milho, no período do espigamento a 60 dias após, em duas doses de nitrogênio, na média dos tratamentos de 2,4-D.

do fósforo decresceu com o retardamento da época de amostragem das folhas.

Aumentos do teor de P na folha, em função da aplicação de nitrogênio, também têm sido observados (Krantz & Chandler 1951, Bennett et al. 1953). Viets Junior et al. (1954) sugeriram que esta resposta seja devida à maior extensão do sistema radicular promovida pelo nitrogênio, que contacta, assim, mais fosfato do solo.

Em ambos os tratamentos de nitrogênio, na média das doses de 2,4-D, verificaram-se diminuições no teor de fósforo após o espigamento (Fig. 2). Esta diminuição no teor de fósforo das folhas tem sido atribuída à redistribuição deste nutriente para os grãos (Sayre 1948, Kissel & Ragland 1967).

O teor de potássio nas folhas amostradas a cada doze dias, no período do espigamento até 60 dias após, não foi afetado significativamente pelas doses de nitrogênio. Este resultado foi similar aos obtidos por Bennett et al. (1953) e Santos et al. (1975), que verificaram a falta de influência da aplicação de nitrogênio no teor de potássio. Por outro lado, Krantz & Chandler (1951) observaram

um aumento no teor deste nutriente na folha, em função da aplicação de nitrogênio.

Segundo Viets Junior et al. (1954), o efeito da adubação nitrogenada no teor de potássio aparentemente varia com as condições locais e forma química na qual o nitrogênio é aplicado. Assim, o efeito de um nutriente sobre o outro pode exercer uma profunda influência na interpretação dos dados da análise foliar.

Nos tratamentos com 40 e 120 kg/ha de N do presente experimento, na média das doses de 2,4-D, verificaram-se comportamentos semelhantes de diminuições do teor de potássio na folha, no período do espigamento a 60 dias após (Fig. 3). Esta diminuição tem sido atribuída à redistribuição deste nutriente das folhas para a formação e enchimento de grãos (Sayre 1948, Hanway 1962a, Kissel & Ragland 1967).

O teor de cálcio na folha não foi afetado pelas doses de nitrogênio. Durante esse período, do espigamento até 60 dias após, observaram-se incrementos no teor de cálcio da folha, com padrão de aumento similar em ambos os tratamentos de ni-

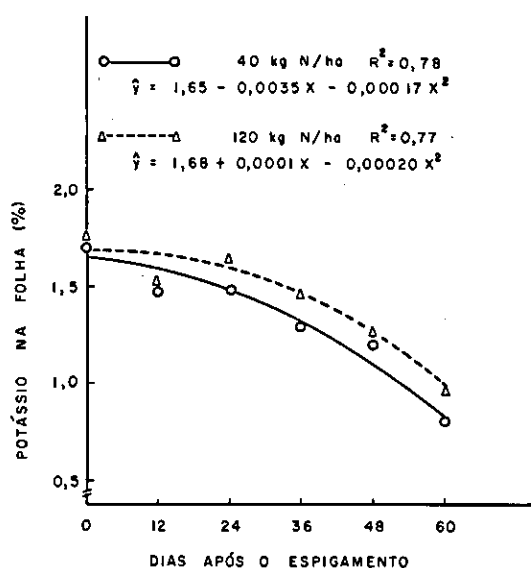


FIG. 3. Teor de potássio na folha correspondente à espiga superior de milho, no período do espigamento a 60 dias após, em duas doses de nitrogênio, na média dos tratamentos de 2,4-D.

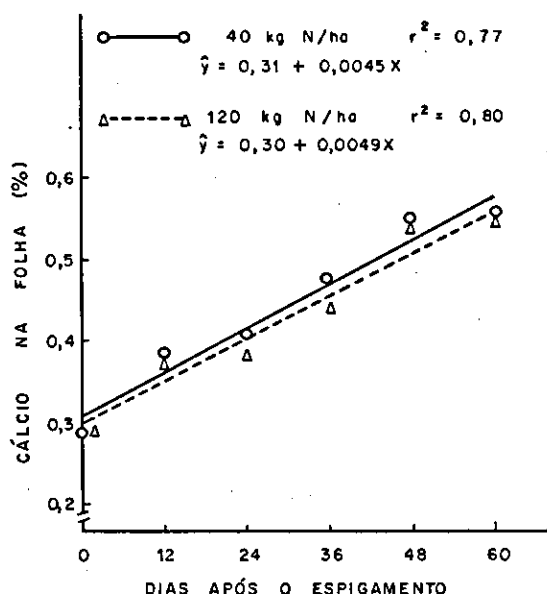


FIG. 4. Teor de cálcio na folha correspondente à espiga superior de milho, no período do espigamento a 60 dias após, em duas doses de nitrogênio, na média dos tratamentos de 2,4-D.

trogênio, na média das doses de 2,4-D (Fig. 4).

Segundo Ellis et al. (1956), o teor de cálcio na folha de milho é pouco afetado pelos tratamentos de adubação. Além disso, os referidos autores constataram que a percentagem de cálcio na folha aumenta com a idade da planta.

O resultado do presente experimento para o cálcio foi similar ao obtido por Ellis et al. (1956). Isto provavelmente ocorreu devido ao baixo conteúdo desse nutriente nos grãos e à baixa mobilidade desse nutriente das folhas para os grãos.

O teor de magnésio nas folhas amostradas, no período do espigamento a 60 dias após, não foi afetado pelas doses de nitrogênio. Em ambos os tratamentos de nitrogênio, na média das doses de 2,4-D, verificaram-se incrementos no teor de magnésio durante o período de espigamento até 60 dias após (Fig. 5). Essa resposta de acréscimo no teor de magnésio da folha com a idade da planta também foi observada por Ellis et al. (1956). Segundo Sayre (1948), o magnésio pode ser absorvido durante toda a estação de crescimento e ser armazenado nas folhas.

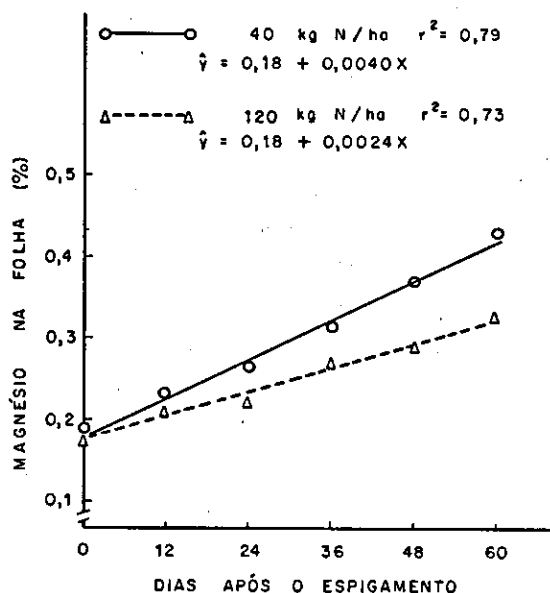


FIG. 5. Teor de magnésio na folha correspondente à espiga superior de milho, no período do espigamento a 60 dias após, em duas doses de nitrogênio, na média dos tratamentos de 2,4-D.

TABELA 2. Teores de N, P, K, Ca e Mg nos grãos de milho, por ocasião da colheita, em função da aplicação foliar de 2,4-D na diferenciação do primórdio floral, em duas doses de nitrogênio.

Tratamentos*		Teores de nutrientes				
N (kg/ha)	2,4-D (e.a./ha)	N	P	K	Mg	Ca**
		- % da matéria seca -				- ppm -
40	0	1,56	0,48	0,53	0,21	127,50
	80	1,41	0,44	0,43	0,18	99,17
	160	1,42	0,36	0,37	0,16	97,50
	240	1,57	0,40	0,40	0,18	94,83
Média		1,49	0,42	0,43	0,18	104,75
120	0	1,59	0,40	0,40	0,17	88,33
	80	1,58	0,42	0,40	0,17	83,33
	160	1,57	0,44	0,43	0,21	92,50
	240	1,59	0,43	0,47	0,20	80,83
Média		1,58	0,42	0,42	0,19	86,25

* Para todas as determinações não se evidenciaram diferenças significativas entre doses de 2,4-D e nem entre os tratamentos de nitrogênio ($P > 0,05$).

** Os valores para cálcio são expressos em ppm por representarem quantidades muito pequenas.

Os teores de N, P, K, Ca e Mg nos grãos, por ocasião da colheita, não foram afetados significativamente pelas aplicações de 2,4-D e de nitrogênio (Tabela 2).

CONCLUSÕES

1. A aplicação foliar de 2,4-D como regulador de crescimento afetou somente o teor de potássio na folha de milho, na amostragem realizada onze dias após a sua aplicação.

2. A dose mais alta de nitrogênio aumentou os teores de N e P das folhas amostradas, no período do espigamento a 60 dias após.

3. Os teores de nutrientes nos grãos não foram afetados significativamente pelas doses de 2,4-D e de nitrogênio.

4. Durante o período do espigamento a 60 dias após, verificaram-se diminuição nos teores de N, P, K e aumento nos teores de Ca e Mg das folhas.

REFERÊNCIAS

BENNETT, W.F.; STANFORD, G. & DUMENIL, L. Nitrogen, phosphorus, and potassium content of the

corn leaf and grain as related to nitrogen fertilization and yield. *Soil Sci. Soc. Proc.*, Madison, 17(3): 252-8, 1953.

COOKE, A.R. Influence of 2,4-D on the uptake of minerals from the soil. *Weeds*, Geneva, 5(1):25-8, 1957.

DEVLIN, R.M. & KARCZMARCZYK, S.J. The influence of growth regulators on the absorption of mineral elements. *N.E. Weed Sci. Soc. Proc.*, 31:156-65, 1977.

ELLIS, B.G.; KNAUSS, C.J. & SMITH, F.W. Nutrient content of corn as related to fertilizer application and soil fertility. *Agron. J.*, Madison, 48(10): 455-9, 1956.

FANG, S.C. & BUTTS, J.S. Studies in plant metabolism. III. Absorption, translocation and metabolism of radioactive 2,4-D in corn and wheat plants. *Plant Physiol.*, Bethesda, 29(1):56-60, 1954.

HANWAY, J.J. Corn growth and composition in relation to soil fertility: II. Uptake of N, P, and K and their distribution in different plant parts during the growing season. *Agron. J.*, Madison, 54(3):217-22, 1962a.

HANWAY, J.J. Corn growth and composition in relation to soil fertility: III. Percentages of N, P and K in different plant parts in relation to stage of growth. *Agron. J.*, Madison, 54(3):222-9, 1962b.

HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.*, Madison, 55(5):487-92, 1963.

- FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina, PR. Análise foliar. Londrina, 1980. 8p.
- KISSEL, D.E. & RAGLAND, J.L. Redistribution of nutrient elements in corn (*Zea mays* L.): I. N, P, K, Ca and Mg redistribution in the absence of nutrient accumulation after silking. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 31(2):227-30, 1967.
- KRANTZ, B.A. & CHANDLER, W.V. Lodging, leaf composition, and yield of corn as influenced by heavy applications of nitrogen and potash. *Agron. J.*, Madison, 43(11):547-52, 1951.
- MELSTED, S.W.; MOTTO, H.L. & PECK, T.R. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. *Agron. J.*, Madison, 61(1):17-20, 1969.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Potassium. In: ———. Principles of plant nutrition. Bern, International Potash Institute, 1978. p.57-162.
- MIELNICZUK, J.; LUDWIG, A. & BOHNEN, H. Recomendações de adubo e calcário para os solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRS, 1969. 38p. (Boletim Técnico, 2).
- REBSTOCK, T.L.; HAMMER, C.L. & SELL, H.M. The influence of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on the phosphorus metabolism of cranberry bean plants (*Phaseolus vulgaris*). *Plant Physiol.*, Bethesda, 29(6):490-1, 1954.
- REICHMAN, G.A.; GRUNES, D.L.; CARLSON, C.W. & ALESSI, J. N and P composition and yield of corn as affected by fertilization. *Agron. J.*, Madison, 51(10):575-8, 1959.
- SANTOS, H.L. dos; BAHIA FILHO, A.F.C.; BAHIA, F.; MAGNAVACA, R.; SILVA, J.; MURAD, A.M. & PACHECO, E.B. Ensaios de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio na cultura do milho em Minas Gerais. II. Avaliação da nutrição do milho pela análise foliar. *Pesq. agropec. bras.*; sér. agron., Rio de Janeiro, 10(11):47-51, 1975.
- SAYRE, J.D. Mineral accumulation in corn. *Plant Physiol.*, Bethesda, 23(3):267-81, 1948.
- SMITH, F.G. The effect of 2,4-D-dichlorophenoxyacetic acid on the respiratory metabolism of bean stem tissue. *Plant Physiol.*, Bethesda, 23:70-80, 1948.
- SMITH, P.F. Mineral analysis of plant tissues. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, Stanford, 13:81-108, 1962.
- TANAKA, A. & YAMAGUCHI, J. Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant. *J. Fac. Agric.*, Sapporo, 57:69-132, 1972.
- TYNER, E.H. The relation of corn yields to leaf nitrogen, phosphorus, and potassium content. *Soil Sci. Soc. Proc.*, Madison, 11:317-23, 1946.
- VIETS JUNIOR, F.G.; NELSON, C.E. & CRAWFORD, C.L. The relationships among corn yields, leaf composition and fertilizers applied. *Soil Sci. Soc. Proc.*, Madison, 18:297-301, 1954.
- VOSS, R.E.; HANWAY, J.J. & FULLER, W.A. Influence of soil, management, and climatic factors on the yield response by corn (*Zea mays* L.) to N, P, and K fertilizer. *Agron. J.*, 62(6):736-40, 1970.