

INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO E DO POTÁSSIO NO CRESCIMENTO E NO RENDIMENTO DA SOJA CULTIVADA NO INVERNO¹

MARIA DO CARMO DE SALVO SOARES NOVO², ROBERTO TETSUO TANAKA,
HIPÓLITO ASSUNÇÃO ANTONIO MASCARENHAS³, JOSÉ CARLOS VILA NOVA ALVES PEREIRA⁴,
NELSON BORTOLETTO⁵, PAULO BOLLER GALLO⁶ e ÁLVARO AUGUSTO TEIXEIRA VARGAS⁷

RESUMO - Com o objetivo de estudar o efeito da uréia e do cloreto de potássio no crescimento das plantas, no acúmulo de N e de K na parte aérea e no rendimento da soja cultivada no inverno, foi instalado um experimento nas Estações Experimentais de Mococa, Ribeirão Preto e Votuporanga, SP, do Instituto Agrônômico. Foram estudadas três doses de N na forma de uréia (0, 50 e 100 kg/ha de N), três doses de K na forma de cloreto de potássio (0, 30 e 60 kg/ha de K₂O) e duas cultivares de soja (IAC-8 e IAC-14). Esses tratamentos foram arrançados fatorialmente, e dispostos no campo em blocos ao acaso, com três repetições. As sementes de todos os tratamentos receberam inóculo de *Bradyrhizobium japonicum*. No florescimento pleno, avaliaram-se as massas secas de raízes e da parte aérea, e determinou-se o teor de N e de K da parte aérea. No final do ciclo da soja, avaliou-se a produtividade dos grãos e determinou-se o teor de N. O crescimento da raiz e da parte aérea e o acúmulo de N só foram favorecidos pela adição de N em Mococa e Votuporanga. Para maximizar a produção de soja de inverno deve-se aplicar N. Não houve efeito do K em nenhum dos parâmetros estudados, mas houve efeito diferencial de cultivar na absorção do elemento, sendo que IAC-14 foi mais exigente.

Termos para indexação: soja de inverno, produtividade.

THE INFLUENCE OF NITROGEN AND POTASSIUM ON PLANT GROWTH AND ON YIELD OF SOYBEANS PLANTED IN WINTER

ABSTRACT - An experiment was installed at three Experimental Stations, namely Mococa, Ribeirão Preto and Votuporanga, SP, Brazil, in three different types of soil to study the effect of doses of N and K on soybeans planted in winter. The doses of N used were 0, 50 and 100 kg of N/ha in the form of urea and those of K were 0, 30 and 60 kg of K₂O/ha in the form of potassium chloride. The two cultivars of soybeans utilized were IAC-8 and IAC-14. The statistical design was factorial with three replications. The seeds of all treatments were inoculated with the recommended strains of *Bradyrhizobium japonicum*. At full bloom, the dry matter weight of the roots and the above ground parts were determined as well as the concentration of N and K. Growth of roots and of the above-ground parts was facilitated by the use of nitrogen at Mococa and Votuporanga. Nitrogen increased the soybean yield at the three localities. Potassium did not affect the parameters studied, but there was a preferential absorption of K by IAC-14 which is very demanding in this element.

Index terms: winter soybean, yield.

INTRODUÇÃO

A soja tem sido tradicionalmente cultivada no verão, dada a sensibilidade da maioria das cultivares ao fotoperíodo (Miyasaka et al., 1970). Segundo Urben Filho & Souza (1993), a despeito da condição adversa do inverno, tem sido possível o cultivo de soja sob irrigação, pois as baixas temperaturas assumem maior importância que o fotoperíodo e retardam a floração em favor de um crescimento dos genótipos com período juvenil longo. Entretanto, as mudanças de temperatura exercem efeito pronunci-

¹ Aceito para publicação em 15 de agosto de 1996.

² Eng. Agr., M.Sc., Instituto Agrônômico (IAC), Seção de Fisiologia, Caixa Postal 28, CEP 13020-432 Campinas, SP.

³ Eng. Agr., Dr., Seção de Leguminosas, IAC, Bolsista do CNPq.

⁴ Eng. Agr., Estação Experimental de Ribeirão Preto, IAC, Caixa Postal 271, CEP 14001-970 Ribeirão Preto, SP.

⁵ Eng. Agr., Estação Experimental de Votuporanga, IAC, Caixa Postal 401, CEP.15500-000 Votuporanga, SP.

⁶ Eng. Agr., M.Sc., Estação Experimental de Mococa, IAC, Caixa Postal 58, CEP 13730-970 Mococa, SP.

⁷ Eng. Agr., Ph.D., Bioagri Biotecnologia Agrícola, Caixa Postal 573, CEP 13416-145 Piracicaba, SP.

ado no crescimento da planta, pois alteram a taxa de reações químicas, por restringir a absorção e a translocação da água e dos minerais (Buis et al., 1988).

A agricultura da região Mogiana do Estado de São Paulo é muito tecnificada; visando reduzir os custos da tecnologia e amortizar o preço da terra, tem sido cultivada, nessa área, soja de inverno sob pivô central, sendo esta destinada à produção de sementes.

Urban Filho & Souza (1993) relataram que a soja produzida no inverno é de melhor qualidade, visto que as condições climáticas desta estação, que é seca, são desfavoráveis à proliferação de patógenos. Além disso, como o período de armazenamento das sementes é menor, mantém alta a germinação na semeadura do ciclo de verão.

No cultivo de inverno tem sido recomendada a adubação nitrogenada, pois foi verificado que a inoculação nas sementes não tem sido capaz de suprir adequadamente a soja cultivada nessa época (Tanaka & Mascarenhas, 1992).

De maneira geral, a reserva de K nos solos não é suficiente para suprir a quantidade extraída pela cultura de soja por longos períodos. Mascarenhas et al. (1987) relataram que a deficiência de K na soja causava plantas com haste verde, retenção foliar e vagens chochas, o que afetava a qualidade da semente e a produtividade. Mascarenhas et al. (1982) aconselharam aplicações anuais para restituir as quantidades extraídas, contribuindo assim para melhorar a qualidade das sementes e aumentando a resistência a doenças.

O presente trabalho teve como objetivos: verificar se há necessidade de aplicar N mineral à soja cultivada no inverno para aumentar o crescimento

da planta e o acúmulo de N e de K, com reflexos na produtividade; se há diferença no comportamento de cultivares nos diferentes ambientes; e se o crescimento da planta e a produtividade são afetadas pela adubação potássica em áreas irrigadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no final do outono do ano de 1991, nas Estações Experimentais de Mococa, Ribeirão Preto e Votuporanga, do Instituto Agronômico, SP. Os solos desses locais possuem características diferentes, e foram classificados como: a) Mococa: Podzólico Vermelho-Escuro, eutrófico, A moderado, Tb, textura argilosa ou muito argilosa; b) Ribeirão Preto: Latossolo Roxo eutrófico, A moderado, textura muito argilosa (Oliveira & Prado, 1983); e c) Votuporanga: Latossolo Vermelho-Escuro, cámbico, eutrófico, A moderado, textura média.

Os resultados das análises de fertilidade do solo das áreas experimentais são apresentados na Tabela 1. Cultivos anteriores feitos nas áreas experimentais foram adubados para obtenção de rendimentos máximos, o que explica o alto teor de P e K nas análises do solo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com os tratamentos arranjos fatorialmente ($3^2 \times 2$) e repetidos três vezes. Foram utilizados, na forma de uréia, três doses de N: 0 (N_0); 50 (N_1) e 100 (N_2) kg/ha de N; na forma de cloreto de potássio, três doses de K: 0 (K_0), 30 (K_1) e 60 (K_2) kg/ha de K_2O ; e duas cultivares de soja, IAC-8 e IAC-14. Um terço dos nutrientes foi aplicado dez dias após a germinação, e o restante, vinte dias após, em cobertura e em faixas.

As parcelas eram compostas por quatro linhas de 6 m, com espaços, entre elas, de 0,6 m. As sementes receberam, momentos antes da semeadura, um inoculante turfoso com as estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* recomendadas, na dose de 5 g por kg de sementes. Foram mantidas 20 plantas por metro linear. O experimento foi irrigado por aspersão, sempre que necessário.

TABELA 1. Resultado das análises de fertilidade do solo da camada superficial do solo (0-20 cm) das áreas experimentais.

Local	P	Mat.Org.	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	S	T	V
	ug/cm ³	%	CaCl ₂	meq/100 cm ³						%
Mococa	43,0	13,2	5,45	0,29	3,90	1,07	2,25	5,3	7,5	70,0
Rib.Preto	71,7	4,6	6,55	0,41	9,74	5,34	2,02	15,5	17,5	88,5
Votuporanga	52,0	1,9	5,80	0,24	2,77	0,94	1,41	4,0	5,4	73,7

A amostragem de plantas foi realizada nos três locais, na época do florescimento pleno, e avaliou-se a massa seca de raízes e da parte aérea de três plantas, bem como o teor de N e o de K da parte aérea, determinados pelos métodos descritos por Bataglia et al. (1978).

No final do ciclo da soja, foram colhidas as plantas das duas linhas centrais, excluindo 0,5 m das extremidades de cada parcela, e determinou-se a produtividade de grãos e seu teor de N pelo mesmo método utilizado na análise da parte aérea.

O efeito dos fatores em cada local foi verificado pelo teste F. As médias das cultivares foram comparadas pelo teste de Tukey. Nas análises dos efeitos de doses de N e de K foram usadas regressões polinomiais. Não foi realizada análise conjunta dos locais, devido à heterogeneidade de alguns parâmetros usados, o que foi verificado pelo teste de Hartley (Nogueira, 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito de cultivar

Em Mococa não houve diferença entre cultivares quanto à massa seca da parte aérea, ao teor de N da parte aérea e do grão e ao teor de K da parte aérea (Tabela 2).

Hanway & Weber (1971a, 1971b), nos Estados Unidos, e Mascarenhas (1972), no Brasil, verificaram que o acúmulo de N nas plantas segue padrão

similar ao da matéria seca, o que explica a semelhança entre cultivares quanto à massa seca e à porcentagem de N da parte aérea observada em Mococa e Ribeirão Preto. Mascarenhas (1972) relatou comportamento semelhante quanto ao K. Os teores de K encontrados na parte aérea, neste experimento, em ambas as cultivares, foram superiores aos valores médios citados por Mascarenhas et al. (1980). Já os teores de N do grão foram inferiores em Mococa, e superiores em Votuporanga em relação aos obtidos por Hammond (1949), os quais variaram de 6,20 a 6,30%.

Em Mococa, houve relação direta entre a massa do sistema radicular e a produtividade de grãos. Entretanto, Barber (1978) observou que a massa seca é menos indicadora de eficiência na absorção que o comprimento e a área superficial da raiz, pois o maior valor de massa é obtido na raiz principal, que tem pequena área superficial e absorve pouco nutriente. Durante a amostragem houve muita perda de raízes finas, em decorrência da textura do solo de Mococa (argiloso a muito argiloso), mas estas perdas foram semelhantes nas duas cultivares.

Quanto à produtividade de grãos em Mococa, observou-se que a IAC-14 foi mais produtiva que a cultivar IAC-8.

Em Ribeirão Preto, apenas houve diferença entre cultivares quanto ao teor de N no grão sendo a

TABELA 2. Massas secas de raízes e da parte aérea, teores de N e de K da parte aérea, teor de N e produtividade de grãos dos genótipos de soja IAC-8 e IAC-14 cultivados no inverno em Mococa, Ribeirão Preto e Votuporanga¹.

Cultivar	Raiz		Parte aérea		Grãos	
	Massa seca g/3 pl.	Massa seca g/3 pl.	N %	K %	N %	Produtividade kg/ha
Mococa						
IAC-8	1,73b	15,14a	3,43a	2,32a	6,19a	1702b
IAC-14	1,89a	15,84a	3,32a	2,42a	6,17a	1942a
Ribeirão Preto						
IAC-8	1,79a	13,52a	3,58a	2,55a	6,30a	2570a
IAC-14	1,79a	13,05a	3,66a	2,48a	6,15b	2556a
Votuporanga						
IAC-8	4,84a	43,35a	4,02a	2,26a	6,82a	2085a
IAC-14	4,68a	39,17b	3,85a	2,17a	6,83a	2196a

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

IAC-8 superior a IAC-14 (Tabela 2). Em Votuporanga, a massa seca da parte aérea da cultivar IAC-8 foi superior à da IAC-14 (Tabela 2).

Efeito de doses de nitrogênio

Em Mococa, as massas secas de raízes e da parte aérea, o teor de N da parte aérea e a produtividade de grãos (Tabela 3) responderam ao aumento da dose de N de acordo com uma equação quadrática. A dose que esteve relacionada com a produção máxima de cada parâmetro, exceto quanto à produtividade de grãos, esteve no intervalo entre 50 e 60,8 kg/ha de N. A maior produtividade de grãos seria obtida com 70,5 kg/ha de N, tendo-se calculado que para essa quantidade seriam produzidos 2.123 kg/ha. A diferença

estimada na produtividade de grãos entre a não-aplicação de N e a adição de 70,5 kg/ha foi de 716 kg/ha.

Neste experimento, aplicações de doses crescentes de uréia resultaram em acréscimo no teor de N da parte aérea, atingindo um máximo de 3,58% de N com a dose de 60,8 kg/ha de N. O teor mais baixo de N da parte aérea obtido no tratamento onde não foi aplicado N demonstra que a fixação simbiótica não foi capaz de suprir a planta adequadamente. O teor de N no grão foi linearmente aumentado com o aumento da dose de N.

Em Ribeirão Preto, pode-se observar que o teor de N da parte aérea (Tabela 3) seguiu uma equação quadrática, sendo estimado que seria obtido um teor máximo com a dose de 66,0 kg/ha de N, e depois

TABELA 3. Efeito de doses de N nas massas secas de raízes e parte aérea, teores de N e de K da parte aérea, teor de N e produtividade de grãos em Mococa, Ribeirão Preto e Votuporanga. Médias.

Doses de N ¹	Raiz		Parte aérea		Grãos	
	Massa seca g/3 pl.	Massa seca g/3 pl.	N %	K %	N %	Produtividade kg/ha
Mococa						
N ₀	1,67	13,94	3,14	2,36	5,93	1407
N ₁	2,06	18,11	3,58	2,52	6,18	2062
N ₂	1,70	14,43	3,42	2,24	6,44	1997
a	1,67	13,94	3,14	-	5,93	1407,06
b	0,015	0,1620	0,0146	-	0,0051	20,3139
c	-0,00015	-0,00157	-0,00012	-	-	-0,14410
R ² ou r ²	99,62	98,85	61,25	NS	75,57	33,13
Ribeirão Preto						
N ₀	1,82	13,17	3,38	2,55	6,02	2239
N ₁	1,76	13,45	3,79	2,34	6,22	2563
N ₂	1,79	13,24	3,69	2,67	6,43	2887
a	-	-	3,38	2,55	6,02	2239,53
b	-	-	0,0132	-0,0095	0,0041	6,4806
c	-	-	-0,00010	0,00011	-	-
R ² ou r ²	NS	NS	48,64	86,42	97,38	92,86
Votuporanga						
N ₀	4,76	41,49	3,71	2,22	6,62	1995
N ₁	4,94	43,18	3,93	2,22	6,83	2140
N ₂	4,58	39,11	4,16	2,20	7,04	2285
a	-	41,49	3,71	-	6,62	1995,80
b	-	0,0915	0,0045	-	0,0042	2,9000
c	-	-0,00115	-	-	-	-
R ² ou r ²	NS	66,13	76,08	NS	96,00	85,23

¹ N₀, N₁ e N₂ = 0, 50 e 100 kg/ha de N; "a" e "b" ou "a", "b" e "c" = coeficientes das equações de regressão linear ou quadrática, respectivamente; R² ou r² = coeficiente de determinação (%) da equação de regressão linear ou quadrática, respectivamente.

ocorreu ligeiro decréscimo. O teor de N da parte aérea foi superior ao encontrado por Hammond et al. (1951) durante o florescimento, o qual variou de 2,5 a 2,9%. Com relação ao teor de K na parte aérea, verificou-se que houve redução com o aumento da dose de N, sendo estimado um valor mínimo de 2,34% com a adição de 43,2 kg/ha de N. No teor de N do grão e na produtividade de sementes, verificou-se que houve efeito linear positivo com o aumento da dose de N.

Em Votuporanga, houve aumento da massa seca da parte aérea com a aplicação de N, sendo estimado que sua produção máxima seria obtida com a adição de 41,4 kg/ha de N (Tabela 3). Com relação ao teor de N da parte aérea e do grão e à produtividade, ocorreu aumento linear com as doses de N aplicadas. O teor de N do grão foi elevado, e conseguiu-se, com a adição de 100 kg/ha de N, um acúmulo de 7,04%. Embora tenha ocorrido efeito linear positivo na produtividade de grãos, esta foi baixa em relação ao potencial das cultivares. Como a temperatura não foi limitante ao desenvolvimento das plantas nessa localidade, suspeita-se que esse efeito tenha sido causado pelos problemas de manejo do solo ou por algum déficit hídrico, mesmo com a irrigação efetuada.

Observando-se as doses de N, nas quais se obtiveram os maiores teores de N da parte aérea, verificou-se que este está próximo da dose em que se obteve produção máxima, o que confirma o trabalho de Vasillas & Fuhrmann (1993), que mostraram haver associação entre o teor de N nas folhas e a produtividade de grãos. Esse aumento expressivo, obtido na produtividade de grãos com o aumento da dose de N, indica que nas condições de inverno, para maximizar a produção é conveniente adicionar N.

Efeito de doses de potássio

Poucos parâmetros estudados responderam ao K nas condições de Mococa e Ribeirão Preto. Em Mococa, pode-se observar que tanto a massa seca de raízes como a da parte aérea foram linearmente reduzidas com o aumento da dose de K (Figs. 1A e 1B). Em Ribeirão Preto, a massa seca de raízes foi reduzida com o aumento da dose de K, estimando-se que seria obtido um valor mínimo com a adição de 32,2 kg/ha de K₂O (Fig. 1A).

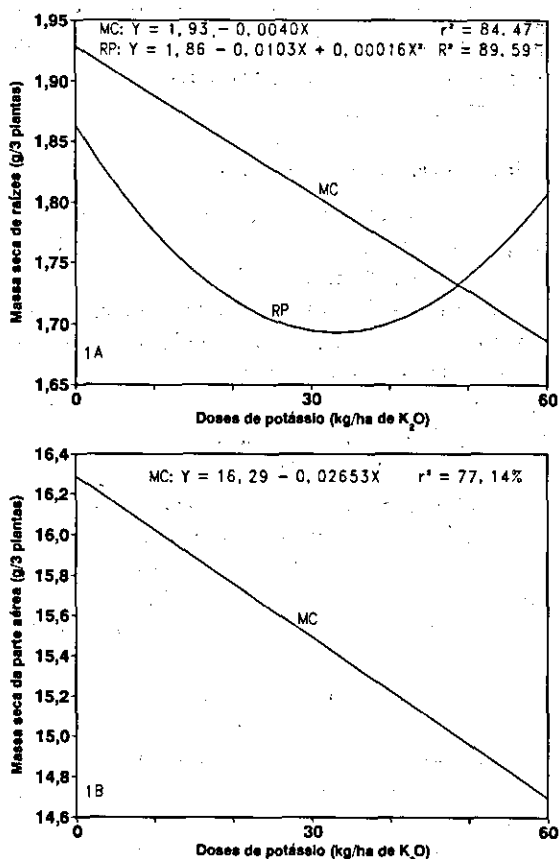


FIG. 1. Efeito das doses de K sobre a massa seca de raízes em Mococa (MC) e em Ribeirão Preto (RP) (1A) e sobre a massa seca da parte aérea em Mococa (MC) (1B).

Hanway & Weber (1971a) observaram que quando se faziam aplicações moderadas de K ocorriam poucos efeitos no peso das diferentes partes das plantas e mesmo na produtividade de semente. Entretanto, quando se faziam aplicações pesadas de K, ocorria redução no peso da planta e na produtividade das sementes, semelhante ao que ocorreu neste experimento. Segundo Vernetti (1983), essa falta de resposta da soja a altas doses de K parece estar associada à origem da espécie, que foi cultivada durante séculos em solos de baixa fertilidade e, provavelmente, evoluiu de modo a não responder a condições muito favoráveis de nutrição mineral.

Em Votuporanga, nenhum dos parâmetros estudados respondeu à adição de K. Essa ausência de resposta deve-se ao teor elevado desse elemento no solo dos três locais.

Cultivares versus doses de nitrogênio

O efeito da interação entre cultivares e doses de N, que foi significativo nos três locais estudados, é apresentado nas Tabelas 4 e 5.

Em Mococa, foi observado que a massa seca de raízes de ambas as cultivares seguiu uma equação do segundo grau, sendo estimado que se obteriam as máximas massas secas de raízes com a adição de 45,3 e 55,7 kg/ha de N, respectivamente nas cultivares IAC-8 e IAC-14 (Tabela 4). Segundo Tanner & Anderson (1964), a resposta pouco pronunciada da raiz à dose de N, mesmo quando esse elemento é abundante no solo, ocorre porque os carboidratos sintetizados são usados para o crescimento da parte aérea, e pouco fica disponível para o sistema radicular.

Nesse mesmo local, o teor de K da parte aérea da cultivar IAC-8 foi linearmente reduzido com o aumento da dose de N aplicada, enquanto que a cultivar IAC-14 seguiu uma equação do segundo grau, tendo atingido um acúmulo máximo com a adição de 55,8 kg/ha de N (Tabela 4), o que indica metabolismo sensível às condições nutricionais ideais.

Em relação à produtividade de grãos, somente houve diferença entre cultivares em Mococa com a adição de 100 kg/ha de N, sendo a cultivar IAC-14 superior à IAC-8 (Tabela 4).

Em Ribeirão Preto, somente a massa seca de raízes da cultivar IAC-8 respondeu significativamente às doses de N. A resposta dessa cultivar foi do tipo quadrático, sendo a dose de 52,6 kg/ha de N responsável pela massa mínima de raiz (Tabela 5). A massa seca da parte aérea da IAC-8 foi superior à da IAC-14 somente quando se adicionou N₁ (Tabela 5), e não houve diferença com a adição das outras doses. Sem a adição de N, houve diferença entre cultivares somente quanto ao teor de N da parte aérea, que foi mais elevado na cultivar IAC-14. Com as outras doses de N, não houve diferença no acúmulo de N na parte aérea, nesse local (Tabela 5).

Em Votuporanga, verificou-se que houve redução linear na massa seca de raízes na cultivar IAC-8. A cultivar IAC-14 não respondeu às diferentes doses de N (Tabela 5). A massa seca da parte aérea da cultivar IAC-8 respondeu positivamente à adição de N até a dose de 38,6 kg/ha de N (Tabela 5).

O melhor desempenho da cultivar IAC-8 em Votuporanga não causa estranheza, visto que Miranda et al. (1980) desenvolveram essa cultivar para ser cultivada em solo típico de cerrado, que é o caso de Votuporanga.

TABELA 4. Efeito de doses de N nas cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 cultivadas no inverno, quanto à massa seca de raiz e teor de K da parte aérea, e na produtividade de grãos em Mococa.

Doses de N ¹	Massa seca de raiz		Teor de K da parte aérea		Produtividade de grãos ²	
	g/3 pl.		%		kg/ha	
	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14
N ₀	1,67	1,67	2,52	2,18	1333a	1546a
N ₁	1,98	2,13	2,32	2,73	2052a	1943a
N ₂	1,54	1,85	2,11	2,35	1722b	2339a
a ²	1,67	1,67	2,52	2,18	-	-
b	0,0136	0,0167	-0,0041	0,0201	-	-
c	-0,00015	-0,00015	-	-0,00018	-	-
R ² ou r ²	91,49	84,45	99,79	90,69	-	-

¹ N₀, N₁ e N₂ = 0, 50 e 100 kg/ha de N; "a" e "b" ou "a", "b" e "c" = coeficientes das equações de regressão linear ou quadrática, respectivamente; R² ou r² = coeficiente de determinação (%) da equação de regressão linear ou quadrática, respectivamente.

² Médias seguidas da mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Cultivares versus doses de potássio

Em Mococa, verificou-se que as massas secas de raízes e da parte aérea da cultivar IAC-8 foram linearmente aumentadas e reduzidas com o aumento da dose de K, respectivamente, ao passo que as da IAC-14 aumentaram segundo uma equação quadrática até as doses respectivas de 22,2 e

30,2 kg/ha de K₂O (Tabela 6). Em relação à produtividade de grãos, foi observado melhor desempenho da IAC-14 somente quando se adicionou K₁ (Tabela 6).

Em relação à massa seca de raízes do ensaio de Ribeirão Preto, verificou-se que houve significância apenas quanto à cultivar IAC-14. O efeito foi do tipo quadrático negativo, correspondendo o ponto míni-

TABELA 5. Efeito de doses de N nas cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 cultivadas no inverno, quanto à massa seca de raiz e de parte aérea e teor de N da parte aérea em Ribeirão Preto e quanto à massa seca de raiz e da parte aérea em Votuporanga.

Doses de N ¹	Ribeirão Preto						Votuporanga			
	Massa seca de raiz		Massa seca da parte aérea ²		Teor de N da parte aérea ²		Massa seca de raiz		Massa seca da parte aérea	
	g/3 pl.		g/3 pl.		%		g/3 pl.		g/3 pl.	
	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14
N ₀	1,87	1,77	13,23a	13,10a	3,21b	3,56a	5,25	4,40	44,02	38,96
N ₁	1,66	1,85	13,88a	13,02b	3,87a	3,71a	4,84	4,79	46,81	39,56
N ₂	1,83	1,75	13,45a	13,02a	3,67a	3,70a	4,43	4,85	39,21	39,01
a	1,87	-	-	-	-	-	5,25	-	44,02	-
b	-0,0079	-	-	-	-	-	-0,0082	-	0,1596	-
c	0,000075	-	-	-	-	-	-	-	0,00207	-
R ² ou r ²	96,14	NS	NS	NS	NS	NS	79,16	NS	60,84	NS

¹ N₀, N₁ e N₂ = 0, 50 e 100 kg/ha de N; "a" e "b" ou "a", "b" e "c" = coeficientes das equações de regressão linear ou quadrática, respectivamente; R² ou r² = coeficiente de determinação (%) da equação de regressão linear ou quadrática, respectivamente.

² Médias seguidas da mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 6. Efeito de doses de K nas cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 cultivadas no inverno, quanto à massa seca de raiz e de parte aérea e produtividade de grãos em Mococa; quanto à massa seca de raiz em Ribeirão Preto e quanto ao teor de N da parte aérea em Votuporanga.

Doses de K ¹	Mococa						Ribeirão Preto		Votuporanga	
	Massa seca de raiz		Massa seca de parte aérea		Produtividade de grãos ²		Massa seca de raiz		Teor de N da parte aérea	
	g/3 pl.		g/3 pl.		kg/ha		g/3 pl.		%	
	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14	IAC-8	IAC-14
K ₀	1,83	1,94	16,76	14,94	1863a	1818a	1,74	1,99	4,11	3,57
K ₁	1,98	2,08	15,14	17,60	1515b	2114a	1,78	1,61	3,90	4,04
K ₂	2,14	1,65	13,53	14,99	1729a	1896a	1,84	1,77	4,04	3,94
a	1,82	1,94	16,76	14,94	-	-	-	1,99	-	3,57
b	0,0032	0,0142	-0,0538	0,1762	-	-	-	-0,0213	-	0,0250
c	-	-0,00032	-	-0,0029	-	-	-	0,00030	-	-0,00032
R ² ou r ²	71,11	56,20	85,94	99,98	NS	NS	NS	68,02	NS	44,38

¹ K₀, K₁ e K₂ = 0, 30 e 60 kg/ha de K₂O; "a" e "b" ou "a", "b" e "c" = coeficientes das equações de regressão linear ou quadrática, respectivamente; R² ou r² = coeficiente de determinação (%) da equação de regressão linear ou quadrática, respectivamente.

² Médias seguidas da mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

mo ao fornecimento de 35,5 kg/ha de K₂O (Tabela 6).

Em Votuporanga, somente houve diferença entre tratamentos quanto ao teor de N da parte aérea da cultivar IAC-14 (Tabela 6). O efeito de doses de K foi do tipo quadrático, estimando-se que teria ocorrido acúmulo máximo com a adição de 39,1 kg/ha de K₂O.

Duke & Collins (1985) relataram que em solos onde há quantidades adequadas de K o aumento na concentração desse elemento nos tecidos é moderada, e, de acordo com Ritchey et al. (1979), só há respostas positivas à adição de K em 90% dos casos, em solos com menos de 0,15 meq/100 ml de solo.

CONCLUSÕES

1. É necessário adicionar N às cultivares de soja IAC-8 e IAC-14 quando cultivadas no inverno.

2. A cultivar IAC-14 é melhor adaptada às condições de Mococa, e a IAC-8, às de Votuporanga. Em Ribeirão Preto as duas cultivares se comportam de modo similar.

3. Em áreas com teor de K elevado, a soja cultivada sob irrigação não responde à adubação potássica.

REFERÊNCIAS

- BARBER, S.A. Growth and nutrient uptake of soybeans roots under field conditions. *Agronomy Journal*, Madison, v.70, p.457-461, 1978.
- BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C.; GALLO, J.R. *Análise química de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 1978. 31p. (Circular, 87).
- BUIS, R.; BARTHOU, H.; ROUX, B. Effect of temporary chilling on foliar and caulinary growth and productivity in soybean (*Glycine max*). *Annals of Botany*, Londres, v.61, p.705-715, 1988.
- DUKE, S.H.; COLLINS, M. Role of potassium in legume dinitrogen fixation. In: MUNSON, R.D. (Ed.). *Potassium in agriculture*. Madison: American Society of Agronomy, 1985. p.443-465.
- HAMMOND, L.C. *Rate nutrient uptake by soybeans on two Iowa soils*. Ames: Iowa State University, 1949. 104p. Tese de Mestrado.
- HAMMOND, L.C.; BLACK, C.A.; NORMAN, A.G. *Nutrient uptake by soybeans on two Iowa soils*. Ames: Agricultural Experiment Station, 1951. p.463-512 (Research bulletin, 384).
- HANWAY, J. J.; WEBER, C. R. Accumulation of N, P and K by soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) plants. *Agronomy Journal*, Madison, v.63, p.406-408, 1971a.
- HANWAY, J.J.; WEBER, C.R. Dry matter accumulation in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants as influenced by N, P and K fertilization. *Agronomy Journal*, Madison, v.63, p. 263-266, 1971b.
- MASCARENHAS, H.A.A. *Acúmulo de matéria seca, absorção e distribuição de elementos na soja durante o seu ciclo vegetativo*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1972. p.2-67. Tese de Doutorado.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C.; TISSELLI FILHO, O.; MIYASAKA, S. Calagem e adubação da soja. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *A soja no Brasil Central*. 2. ed. rev. ampl. Campinas, 1982. p.137-211.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.; LÉLIS, L.G.L.; BULISANI, E.A.; BRAGA, N.R.; PEREIRA, J.C.V.N.A. *Haste verde e retenção foliar em soja por deficiência de potássio*. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 15p. (Boletim técnico, 119).
- MASCARENHAS, H.A.A.; NEPTUNE, A.M.L.; MURAOKA, T.; BULISANI, E.A.; HIROCE, R. Absorção de nutrientes por cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.4, p.92-96, 1980.
- MIRANDA, M.A.C.; MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; KIIHL, R.A.S. *Cultivar de soja IAC-8*. Campinas: Instituto Agronômico, 1980. 8p. (Circular, 113).
- MIYASAKA, S.; GUIMARÃES, G.; KIIHL, R.A.S.; LOVADINI, L.A.C.; DEMATTÊ, J.D. Variedades de soja indiferentes ao fotoperiodismo e tolerantes a baixas temperaturas. *Bragantia*, Campinas, v.29, p.169-173, 1970.
- NOGUEIRA, M.C.S. *Curso de estatística experimental aplicada a experimentação agrícola*. Piracicaba: [s.n.], 1991. 167p.
- OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. *Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo: quadrif*

- cula de Ribeirão Preto SF-223-V-C-I. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. Escala 1:100.000.
- RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Potássio em solo de cerrado. I. Resposta à adubação potássica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.3, p.29-32, 1979.
- TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. Soja: nutrição, correção do solo e adubação. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 60p.
- TANNER, J.W.; ANDERSON, I.C. External effect to combined nitrogen on nodulation. *Plant Physiology*, Lancaster, v.39, p.1039-1043, 1964.
- URBEN FILHO, G.; SOUZA, P.I.M. Manejo da cultura da soja sob cerrado: época, densidade e profundidade de semeadura. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Eds.). *Cultura de soja no cerrado*. Piracicaba: Potafós, 1993. p.267-298.
- VASILLAS, B.L.; FUHRMANN, J.J. Field response of soybean to increased dinitrogen fixation. *Crop Science*, Madison, v.33, p.785-787, 1993.
- VERNETTI, F.J. Bases genéticas e fisiológicas da produção e nutrição. In: VERNETTI, F.J. (Ed.). *Soja*. Campinas: Fundação Cargill, 1983. p.877-990.

