

Resposta da aveia preta à aplicação de fósforo sob duas doses de nitrogênio em condições de casa-de-vegetação

Renato de Mello Prado*, Liliane Maria Romualdo e Diego Wyllyam do Vale

Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n. 14870-000, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: rmp Prado@fcav.unesp.br

RESUMO. A aplicação de fósforo (P) e de nitrogênio (N) na aveia preta (*Avena strigosa* Schieb) pode promover maior desenvolvimento e cobertura do solo quando cultivada em solos de baixa fertilidade. Desse modo, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de P e de N no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de massa seca da aveia preta. Para isso, foi conduzido um experimento na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), no período de 27/10/2004 a 27/2/2005, em vasos com 5 dm³ de amostras de terra de um Latossolo Vermelho distrófico. O delineamento foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, em 3 repetições. Os tratamentos constaram de quatro doses de P (25; 75; 150 e 300 mg de P dm⁻³) e duas doses de N (100 e 300 mg dm⁻³). Após o 120 dias da semeadura, avaliou-se o desenvolvimento das plantas a partir da altura e do número de perfilhos e a produção de massa seca da parte aérea e da raiz por vaso. Determinaram-se o teor de P do solo e a concentração dos macronutrientes da parte aérea e da raiz. A aplicação de fósforo na dose de P de 200 mg dm⁻³, no tratamento com baixo teor do P, promoveu melhoria no estado nutricional e maior desenvolvimento da aveia preta. A alta dose de N (300 mg dm⁻³) prejudicou o desenvolvimento e a produção de massa seca da aveia preta. A maior produção de massa seca da aveia preta esteve associada à concentração de P no solo, próxima a 100 mg dm⁻³ e, na parte aérea, de 2,7 g kg⁻¹ de P.

Palavras-chave: *Avena strigosa*, adubação, N, P, Latossolo.

ABSTRACT. Black oats' response to the application phosphorus under two levels of nitrogen under greenhouse conditions. The application of phosphorus (P) and nitrogen (N) in the black oat (*Avena strigosa* Schieb) can promote larger development and coverage when cultivated in low fertility soils. This study aimed to evaluate the effect of the phosphorus and nitrogen application regarding the black oats' development, nutritional value and production of dry matter. An experiment was conducted at Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), from October 27 (2004) to February 27 (2005), using 5 dm³ vases with substratum of a dystrophic Red Latosol. The design was completely randomized, analyzed in factorial outline 4x2, with 3 replications. The treatments consisted of four doses of P (25; 75; 150 and 300 mg dm⁻³), and two doses of N (100 and 300 mg dm⁻³). After 120 days of sowing, the development of the plants was evaluated per vase, starting from the height and the number of tillers, and the production of dry matter in the aerial part and in the root. At the same time, the amount of P in the soil and the macronutrients in the aerial part and in the root were determined. The 200 mg dm⁻³ application of P in the substratum with low amounts of nutrients improved its nutritional value and promoted the development of the plants. The high level of N (300 mg dm⁻³) harmed the development and the production of dry matter of the black oats. The largest production of dry matter of the black oats was associated to the concentration of P in the soil being close to 100 mg dm⁻³, and in the aerial part the concentration of P was 2.7 g kg⁻¹.

Key words: *Avena strigosa*, fertilization, N, P, Latosol.

Introdução

A aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) é uma gramínea de inverno utilizada para pastejo direto ou conservação na forma de feno ou silagem, manejo e conservação do solo, como cobertura do solo e como adubação verde (Rosseto e Nakagawa, 2001). É uma espécie rústica, pouco exigente em fertilidade do solo,

que tem se adaptado bem nos Estados do Paraná, de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul, de São Paulo e do Mato Grosso (Derpsch e Calegari, 1992).

O N é considerado o principal nutriente para o desenvolvimento da planta (Alvim e Botrel, 2001) e, conseqüentemente, para a promoção de aumentos na produção de forragem elevando a sua qualidade

(Alvim *et al.*, 2000). É o nutriente que tem maior efeito no crescimento da aveia e que limita a produção de fitomassa. A disponibilidade de N estimula o crescimento e a atividade do sistema radicular, com reflexos positivos na absorção de outros nutrientes e na quantidade de massa seca produzida pela aveia (Santi *et al.*, 2003).

O P é o nutriente mais limitante da produtividade de biomassa em plantas cultivadas em solos tropicais (Novais e Smyth, 1999). Um dos maiores problemas no estabelecimento e na manutenção de pastagens em solos tropicais ocorre devido ao teor muito baixo de P disponível (Lobato *et al.*, 1986; Bull *et al.*, 1998). Em solos tropicais, o P aplicado é rapidamente adsorvido em óxidos de Fe e Al, o que explica a baixa eficiência da adubação fosfatada (Holford, 1997). Embora o P seja o macronutriente menos extraído pela aveia preta (Primavesi *et al.*, 1999), a quantidade extraída pela cultura é baixa, comparada aos demais macronutrientes [33 kg ha⁻¹ em culturas com produção de massa seca maior que 10 t ha⁻¹ Borkert *et al.* (2003)]. Entretanto esse nutriente exerce um papel vital no metabolismo dos vegetais. Desse modo, o P desempenha nas plantas diversas funções como induzir a formação de um sistema radicular mais longo e com raízes mais finas, que seriam mais eficientes na absorção de nutrientes do solo (Vilela e Anghinoni, 1984). Desempenha função estrutural, faz parte de compostos orgânicos como o ATP, aminoácidos, todas as enzimas, participa de diversos processos metabólicos, especialmente no processo de transferência e de armazenamento de energia (Malavolta *et al.*, 1997).

O nitrogênio é utilizado na síntese de proteínas e de aminoácidos e, para a conclusão do processo, é necessária a presença de fósforo na forma de poder redutor e de nucleotídeos (Glass, 1989). Portanto, com o aumento na concentração de N, tem-se a necessidade de elevar a concentração de fósforo para dar início aos processos de síntese (Abreu *et al.*, 2002). Desse modo, é indicada uma interação positiva entre N e P. Segundo uma revisão de Miller (1974), a maior absorção de P na presença de N seria causada pelo envolvimento de N nos processos de absorção e de transporte interno de P.

Diante desse contexto, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de P e de N no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de massa seca da aveia preta.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de 27/10/04 a 27/2/05, em vasos com 5 dm³ de amostras de terra à base de um Latossolo Vermelho distrófico. Para isso, foi desenvolvido um experimento utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado,

em esquema fatorial 4x2, em 3 repetições.

Os tratamentos constaram de 4 doses de P (25; 75; 150 e 300 mg de P dm⁻³), correspondendo a: 0,65; 1,95; 3,91; e 7,81 g de superfosfato triplo por vaso, respectivamente; e duas doses de N (100 e 300 mg dm⁻³), correspondendo a: 0,38 e 1,14 g de uréia em 3 aplicações, aos 20, 40 e 80 dias após a semeadura. Ainda por ocasião da semeadura, cada unidade experimental recebeu doses de nivelamento para B (0,5 mg dm⁻³), Zn (2 mg dm⁻³), de acordo com a recomendação de Malavolta (1981), na forma de ácido bórico (17% de B) e de sulfato de zinco (22% de Zn), respectivamente, e também 20% do K (150 mg dm⁻³), na forma de cloreto de potássio. O restante do K (120 mg dm⁻³) foi parcelado em duas vezes, aos 15 e aos 35 dias após a semeadura.

Após o 120 dias da semeadura, avaliou-se o desenvolvimento das plantas a partir da altura e do número de perfilhos por vaso. As plantas foram colhidas, separadas em parte aérea e raiz, lavadas e colocadas em estufa, de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 a 75°C, até peso constante. Posteriormente, foram analisados quimicamente os nutrientes da parte aérea e as raízes das plantas. As determinações das concentrações de macro e micronutrientes no tecido vegetal seguiram a metodologia de Bataglia *et al.* (1983). Amostragem de terra foi realizada na mesma época e a determinação do teor do P no solo seguiu as recomendações de Raij *et al.* (2001).

Com base nos resultados, realizaram-se análises de variância para as variáveis estudadas e a análise de correlação entre os tratamentos e as determinações no solo e na planta, a 1% e a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Efeito dos tratamentos no solo

A adubação fosfatada elevou o teor de P no solo, com efeito linear do teor de P, tanto com a aplicação de N na dose de 100 mg dm⁻³, quanto de 300 mg dm⁻³ (Figura 1). Observa-se, por meio do coeficiente angular, uma taxa de recuperação de fósforo variando de 49% a 63%, para aplicação de N na dose de 100 e 300 mg dm⁻³, respectivamente, enquanto Nakayama *et al.* (1998) obtiveram taxas de recuperação média de P próximas à obtida no presente experimento, atingindo 50%, em amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo álico, textura arenosa, cultivado com arroz.

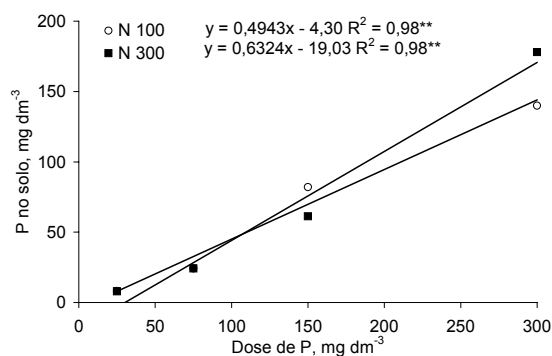


Figura 1. Efeito de doses de fertilizante fosfatado na concentração de P (resina) sob duas doses de N (100 e 300 mg dm⁻³) em amostras de terra do Latossolo Vermelho distrófico.

Efeito dos tratamentos no estado nutricional

Observou-se que as doses de P afetaram significativamente as concentrações dos macronutrientes da parte aérea e da raiz, exceto o S da raiz, enquanto que as doses de N afetaram, na parte aérea, N, K, Ca e S e, na raiz, todos os macronutrientes. A interação foi significativa para os fatores estudados nas concentrações de macronutrientes da parte aérea, exceto o N na parte aérea e Ca e S na raiz (Tabela 1). Esses resultados estão de acordo com Miller (1974), que relatou a influência de doses de N e de P nas concentrações de P das plantas.

A aplicação de P aumentou significativamente as concentrações de macronutrientes na parte aérea, nas duas doses de N, exceto K, que teve diminuição significativa nas duas doses de N, e Mg, que, na dose menor de N, não atingiu efeito significativo (Tabela 2). Salienta-se que esse aumento na concentração de P da parte aérea das plantas com a adubação fosfatada ocorreu devido ao incremento no teor do nutriente no solo (Figura 2).

Tabela 1. Resumo da análise de variância (quadrado médio) dos tratamentos (doses de P e de N) sobre os teores de macronutrientes da parte aérea e da raiz da aveia preta.

Fonte de Variação	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea							
P	3	20,26**	6,47**	9,81**	11,67**	0,13**	0,89**
N	1	161,72**	0,01ns	5,61**	7,26**	0,01ns	0,15**
P x N	3	4,11ns	0,25**	14,71**	2,53**	0,10**	0,06**
Tratamentos	7	37,20	2,88	36,05	6,24	0,32	0,37
C.V.(%)		5,6	5,3	3,4	3,7	8,0	5,3
Raiz							
P	3	5,32**	0,60**	0,21**	0,20*	0,04**	0,03ns
N	1	21,09**	0,61**	0,24**	3,68**	0,09**	0,51**
P x N	3	8,81**	0,03**	1,55**	0,07ns	0,02**	0,05ns
Tratamentos	7	9,07	0,28	0,79	0,64	0,04	0,11
C.V.(%)		5,7	7,8	8,6	10,8	26,7	9,2

ns ; **: Diferença não significativa pelo teste F (P>0,05) e significativa (P<0,01).

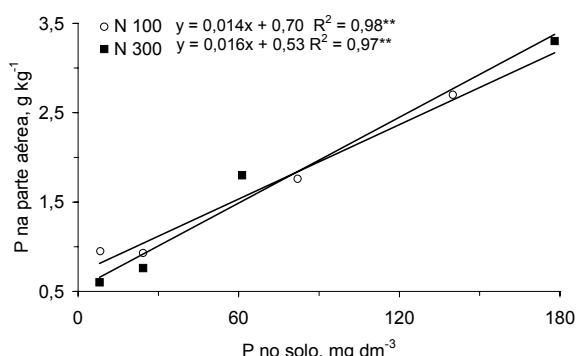


Figura 2. Relação do teor de P do solo e concentração de P na parte aérea da aveia preta, sob duas doses de N (100 e 300 mg dm⁻³), em amostras de terra do Latossolo Vermelho distrófico.

Enquanto na raiz a aplicação de P aumentou apenas as concentrações de P, nas duas doses de N e o K e Ca na dose menor de N, ao passo que houve queda nas concentrações de N e Mg (dose menor de N), K (nível maior de N) (Tabela 3).

Tabela 2. Teores de macronutrientes na massa seca da parte aérea da aveia preta, em função da aplicação de fósforo, sob duas doses de nitrogênio (100 e 300 mg dm⁻³), em amostras de terra do Latossolo Vermelho distrófico (Jaboticabal, Estado de São Paulo, 2005).

Doses P mg dm ⁻³	N		P		K		Ca		Mg		S	
	N100	N300	N100	N300	N100	N300	N100	N300	N100	N300	N100	N300
25	21,1b	27,2a	0,9a	0,6b	24,8a	21,2b	3,1a	3,2a	1,4a	1,2b	1,2a	1,1a
75	20,3b	22,7a	0,9a	0,8b	19,6b	21,1a	3,7a	3,5a	1,6a	1,3b	1,2a	1,3a
150	21,8b	26,5a	1,8a	1,8b	19,7b	22,5a	4,5b	6,4a	1,5a	1,6a	1,7b	1,9a
300	22,8b	30,4a	2,7b	3,3a	18,6b	21,8a	4,7b	7,2a	1,5b	1,7a	1,7b	2,1a
Teste F	15,3**	67,8**	439,1**	554,8**	71,6**	1,5ns	77,3*	354,1**	2,2ns	10,8**	171,3**	61,0**
RL	35,7**	99,2**	1268,8**	1640,7**	118,4**	-	188,8**	905,6**	-	27,9**	350,7**	160,1**
RQ	-	44,2**	-	-	55,5**	-	41,9**	74,8**	-	-	88,7**	18,7**
C.V.(%)	2,1	2,5	4,4	5,7	2,8	4,2	3,8	3,7	5,8	9,7	2,8	6,5

ns ; **: Diferença não-significativa pelo teste F (P>0,05) e significativa (P<0,01), respectivamente. RL, RQ e DR: Valor de F da regressão linear, quadrática e desvio de regressão, respectivamente. Letras iguais na horizontal, para cada nutriente, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3. Teores de macronutrientes na massa seca da raiz da aveia preta, em função da aplicação de fósforo, duas doses de nitrogênio (100 e 300 mg dm⁻³), em amostras de terra do Latossolo Vermelho distrófico (Jaboticabal, Estado de São Paulo, 2005).

Doses P mg dm ⁻³	N		P		K		Ca		Mg		S	
	N100	N300	N100	N300	N100	N300	N100	N300	N100	N300	N100	N300
25	14,7a	13,6a	0,6a	0,6a	1,3b	2,4a	1,9a	1,4b	0,5a	0,2b	1,4b	1,6a

75	11,5b	13,4a	0,6a	0,6a	1,7a	1,1b	2,4a	1,4b	0,3a	0,1b	1,3b	1,4a
150	10,1b	14,9a	0,7b	1,0a	1,6a	1,6a	2,5a	1,7b	0,2a	0,2a	1,1b	1,7a
300	10,5b	12,9a	1,2a	1,3a	2,2a	0,9b	2,4a	1,5b	0,2a	0,1a	1,2b	1,4a
Teste F	20,8**	3,2ns	61,5**	90,33**	14,1**	196,2**	3,9*	1,7ns	10,4*	2,7ns	2,7ns	2,7ns
RL	32,8**	-	171,2**	252,2**	37,6**	289,8**	4,7ns	-	17,1**	-	-	-
RQ	27**	-	11,9**	-	-	33,7**	5,8*	-	12,1**	-	-	-
C.V.(%)	6,8	6,1	8,3	7,4	10,4	5,4	11,5	10,9	26,2	24,5	9,5	9,0

ns ; ** : Diferença não-significativa pelo teste F ($P>0,05$) e significativa ($P<0,01$), respectivamente. RL, RQ e DR: Valor de F da regressão linear, quadrática e desvio de regressão, respectivamente. Letras iguais na horizontal, para cada nutriente, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Desse modo, as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S, para plantas submetidas ao N de 100 mg dm⁻³, foi de 20,3-22,8; 0,9-2,7; 19,6-24,8; 3,1-4,7; 1,4-1,6 e 1,2-1,7 g kg⁻¹, respectivamente, ao passo que, na dose de N de 300 mg dm⁻³, foi de 22,7-30,4; 0,6-3,3; 21,1-22,5; 3,2-7,2; 1,2-1,7 mg dm⁻³, respectivamente. Desse modo, no presente trabalho, as concentrações encontradas de todos os nutrientes, exceto o K, estão acima do relatado por McDonald e Wilson (1980) (N=14,7 g kg⁻¹; K=27,9 g kg⁻¹; Mg=1,1 g kg⁻¹, Ca= 3,9 g kg⁻¹, S= 1 mg kg⁻¹), em plantas no estágio de emborrachamento.

Esse efeito da aplicação de P na diminuição do K na parte aérea (Tabela 2) e aumento na raiz (Tabela 2) também foi obtido em soja com a aplicação de P (Rosolem e Marcello, 1998). Observa-se, ainda, que a concentração de fósforo na planta (Tabelas 2 e 3) foi maior na dose maior de N (300 mg dm⁻³). O efeito do N no aumento da concentração de P na folha pode ser explicado por um aumento da absorção e transporte do P na planta, visto que o amônio aumenta a taxa de dissociação do complexo fosfato-carregador no xilema, aumentando as concentrações de P na parte aérea (Marschner, 1995).

Efeito dos tratamentos no desenvolvimento e na produção de massa seca

Observou-se que as doses de P e de N afetaram significativamente o desenvolvimento e a produção de massa seca da aveia preta, exceto o N para variável número de perfilhos. Houve interação dos fatores doses de P e de N, para todas variáveis estudadas (Tabela 4).

A aplicação do P incrementou significativamente a altura e o número de perfilhos, exceto a altura na maior dose de N (Figura 3a, b).

A dose de P que proporcionou maior altura e número de perfilhos esteve próxima a 180 a 220 mg dm⁻³, respectivamente. Por esses resultados, observa-se que a maior dose de N resultou em menor desenvolvimento das plantas.

Tabela 4. Resumo da análise de variância (quadrado médio) dos tratamentos (doses de P e N) sobre o desenvolvimento e a produção de massa seca da aveia preta.

Fonte de Variação	GL	Altura	Número de perfilhos	MSPA	MSR	MST
P	3	238,73**	6011,44**	213,14**	0,70**	236,73**
N	1	1209,13**	6,00 ^{ns}	8,21**	0,06**	9,67**
P x N	3	108,65**	1528,78**	19,60**	0,48**	26,19**
Tratamentos	7	193,30**	4369,70**	147,58**	0,77**	167,98

C.V.(%)	3,6	4,7	4,0	6,5	3,9
---------	-----	-----	-----	-----	-----

ns ; ** : Diferença não-significativa pelo teste F ($P>0,05$) e significativa ($P<0,01$).

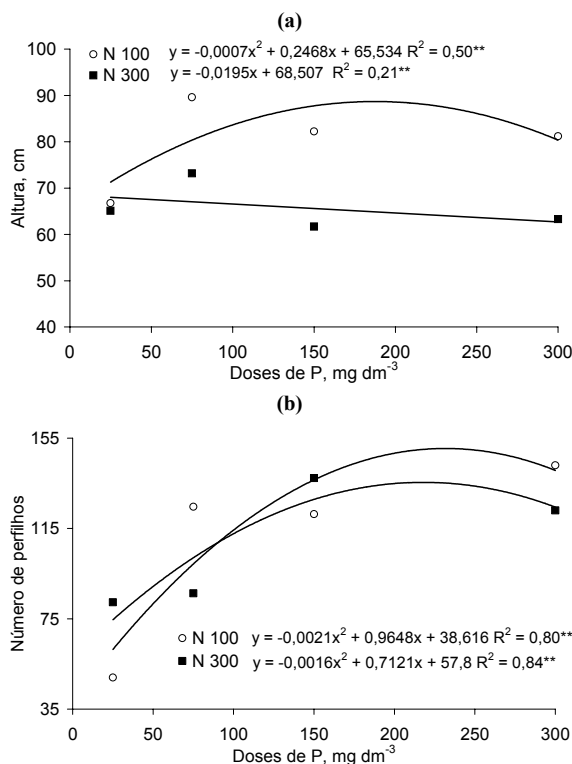


Figura 3. Efeito da aplicação de fósforo, sob duas doses de N (100 e 300 mg dm⁻³), em amostras de terra do Latossolo Vermelho distrófico na altura (a) e no número de perfilhos (b).

Lavres Júnior e Monteiro (2003) também observaram diminuição do perfilhamento das plantas (capim mombaça) submetidas a altas doses de N, em solução nutritiva. Notou-se, ainda, que, nas parcelas com maior dose de N, provocou redução da altura das plantas, conforme dito anteriormente e, ainda, embora não determinado, as plantas apresentavam maior acamamento, comparadas com as plantas com menor dose de N. Mundstock e Bredemeier (2001), em um experimento com adubação nitrogenada na aveia preta, observaram que, a partir da dose de 40 kg ha⁻¹ de N na base, as respostas à suplementação de N em cobertura começaram a diminuir, pois ocorreu acamamento de plantas nos tratamentos que receberam mais de 40 kg na 7ª folha.

Salienta-se que o menor desenvolvimento das plantas submetidas à maior dose de N pode ter ocorrido por diversos fatores desde efeito salinidade nas raízes, provocado pelo fertilizante utilizado, até fisiológico. Em

relação a este último, pode ocorrer o acúmulo do $N-NH_4^+$ na parte aérea, o qual é tóxico em concentrações relativamente baixas (Hageman e Below, 1990), podendo promover a degradação de cloroplastídios (Puritch e Barkker, 1967) e de proteínas (Barker *et al.*, 1966).

A maioria dos trabalhos com aplicação de N em aveia preta, em condições de campo, têm indicado resposta positiva, entretanto, com doses de N moderadas, conforme estudo de Nakagawa *et al.* (1994), com doses de N variando de 0 até 40 kg ha⁻¹. Nesse sentido, experimentos com aveia preta, estudando doses altas de N (0 até 240 kg⁻¹), têm observado resposta positiva até 120 kg⁻¹ de N (Amado *et al.*, 2003) ou até 80 kg ha⁻¹ de N (Frizzone *et al.*, 1995) e, a partir dessa dose, têm queda drástica na produção da cultura. Entretanto outros estudos não têm indicado resposta dessa forrageira na aplicação de N em cobertura (Nakagawa *et al.*, 2000).

Da mesma forma que ocorreu com as variáveis de desenvolvimento, a maior produção de massa seca da parte aérea e o total (parte aérea + raiz) esteve associada à dose de P próxima de 200 mg dm⁻³ (Figura 4a,c). Entretanto observou-se que a adubação fosfatada poderia promover maior produção de massa seca de raiz, em dose maior que 200 mg dm⁻³ de P, com menor dose de N (100 mg dm⁻³) (Figura 4b). Desse modo, esses resultados mostram o efeito positivo do P no aumento da massa seca das plantas de aveia preta, o que deve se refletir em um rápido estabelecimento da cultura. Observou-se, ainda, que a maior produção de massa seca da parte aérea e raiz esteve associada à concentração de P no solo, próxima a 100 mg dm⁻³, decrescendo a partir desse valor (Figura 5).

A resposta positiva da aveia preta à aplicação de P também foi obtida por Primavesi *et al.* (2004).

Cabe destacar que a resposta positiva da aveia preta à aplicação de P ocorreu pelo fato de que o aumento no teor de P no solo refletiu de forma linear na concentração de P da parte aérea da aveia preta, independentemente do N aplicado (Figura 2).

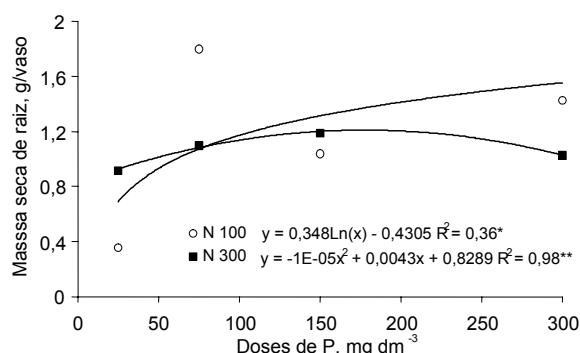
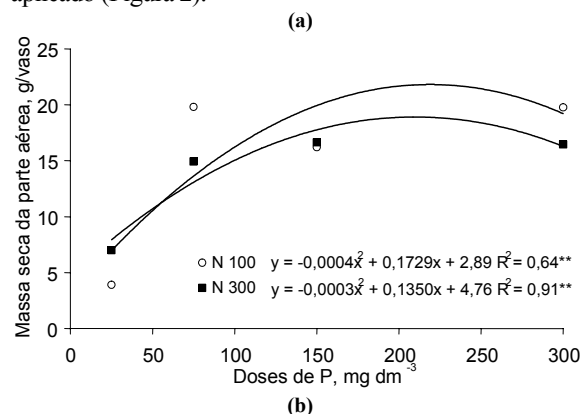


Figura 4. Efeito da aplicação de fósforo, sob duas doses de N (100 e 300 mg dm⁻³), em amostras de terra do Latossolo Vermelho distrófico na produção de massa seca da parte aérea (a) e da raiz (b) e total (parte aérea + raiz) (c) da aveia preta.

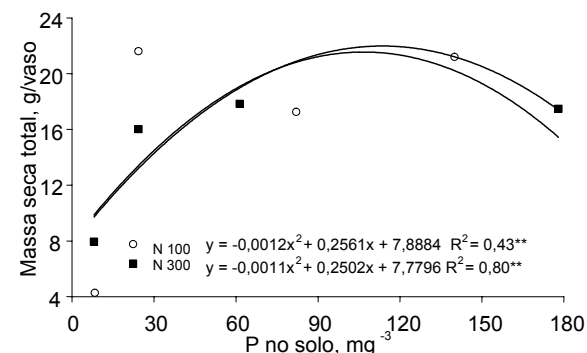


Figura 5. Produção de massa seca total (parte aérea e raiz) em relação ao P no solo, sob dois níveis de N (100 e 300 mg dm⁻³).

Portanto a melhoria da nutrição das plantas devido ao P explica o maior acúmulo de massa seca das plantas, uma vez que a concentração de P na parte aérea relacionou-se significativamente, independentemente da dose de N (Figura 6). Dessa forma, a dose de máxima produção de massa seca da parte aérea da aveia preta, em função da dose de N de 100 e 300 mg dm⁻³, esteve associada a valores de 2,7 e 2,4 g kg⁻¹, respectivamente. Portanto observa-se que o tratamento com dose de N=100 mg dm⁻³ resultou em maior produção de massa seca (Figura 4c). A concentração de P obtida (2,7 g kg⁻¹) (Figura 6) está maior que o encontrado por Ganguli *et al.* (1976), os

quais determinaram, em plantas de aveia no estágio de 50% de florescimento, concentrações de P variando de 2,0 a 2,4 g kg⁻¹, e por Primavesi et al. (1999), que obtiveram concentrações de P variando de 1,8 g kg⁻¹ (cv. UPF3) a 2,2 g kg⁻¹ (cv. São Carlos), aos 60 dias após a emergência da aveia preta. Essas diferenças podem estar relacionadas a diversos fatores, tais como época de amostragem, idade da folha, variedade, condições climáticas, teores de fósforo no solo, entre outras.

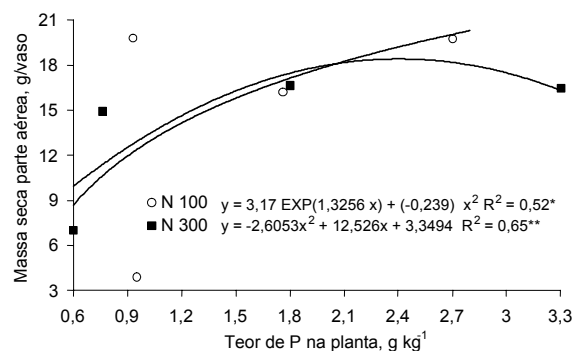


Figura 6. Produção de massa seca total (parte aérea e raiz) em relação ao P na parte aérea da aveia preta, sob duas doses de N (100 e 300 mg dm⁻³).

Conclusão

A aplicação de fósforo na dose de 200 mg dm⁻³, em amostras de terra com baixo teor do nutriente, promoveu melhoria no estado nutricional e maior desenvolvimento da aveia preta. A alta dose de N (300 mg dm⁻³) prejudicou o desenvolvimento e a produção de massa seca da aveia preta. A maior produção de massa seca da aveia preta esteve associada ao teor de P no solo próximo a 100 mg dm⁻³ e na concentração de P da parte aérea de 2,7 g kg⁻¹.

Referências

- ABREU, I.N. et al. Nitrogênio e fósforo na produção vegetal e na indução de mucilagem em plantas de insulina. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 536-540, 2002.
- ALVIM, M.J.; BOTREL, M.A. Efeitos de doses de N na produção de leite de vacas em pastagem de coast-cross. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, n. 3, 2001.
- ALVIM, M.J. et al. Resposta do Tifton 68 a doses de nitrogênio e a intervalos de cortes. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1875-1882, 2000.
- AMADO, T.J.C. et al. Adubação nitrogenada na aveia preta. II - Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1085-1096, 2003.
- BARKER, A.V. et al. Root environment acidity as a regulatory factor in ammonium assimilation by the bean plant. *Plant Physiol.*, Rockville, v. 41, n. 7, p. 1193-1199, 1966.

BATAGLIA, O.C. et al. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BORKERT, C.M. et al. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, 2003.

BULL, L.T. et al. Relação entre fósforo extraído por resina e resposta da cultura do alho vernalizado à adubação fosfatada em cinco solos e sem adubação orgânica. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 22, p. 459-470, 1998.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. *Plantas para adubação verde de inverno*. Londrina: Iapar, 1992. 80 p. (Circular, 73).

FRIZZONE, J.A. et al. Lâminas de água e doses de nitrogênio na produção de aveia (*Avena sativa* L.) para forragem. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 52, n. 3, p. 578-586, 1995.

GANGULI, T.K. et al. Note on the effect of N, P and Zn on yield and composition of fodder oat. *Indian J. Agric. Sci.*, New Delhi, v. 46, n. 5, p. 238-240, 1976.

GLASS, A.D.M. Plant Nutrition. In: JONES, L. BERTLETT, A. (Ed.). *An Introduction to current concepts*. Boston: Academic Press, 1989. p. 234-254.

HAGEMAN, R.H.; BELOW, F.E. Role of nitrogen metabolism in crop productivity. In: ABROL, Y.P. (Ed.). *Nitrogen in higher plants*. Taunton: Research Studies, 1990. p. 313-334.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Aust. J. Soil Res.*, Collingwood, v. 35, p. 227-239, 1997.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Perfilamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1068-1075, 2003.

LOBATO, E. et al. Adubação fosfatada em pastagens. In: MATTOS, H.B. et al. (Ed.). *Calagem e adubação de pastagens*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 145-174.

MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.

MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. ed. London: Academic Press, 1995.

McDONALD, R.C.; WILSON, K.R. Dry matter yields, digestibilities, mineral levels, and cattle growth rates on greenfeed oats at different stages of development. *New Zeal. J. Exp. Agric.*, Wellington, v. 8, p. 105-109, 1980.

MILLER, M.H. Effects of nitrogen on phosphorus absorption by plants. In: CARSON, E.W. (Ed.). *The plant root and its environment*. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p. 643-668.

MUNDSTOCK, C.M.; BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afillamento e o rendimento de grãos de aveia. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 205-211, 2001.

NAKAGAWA, J. et al. Produção e qualidade de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) em função da adubação nitrogenada. *Rev. Bras. Sem.*, Londrina, v. 16,

n. 1, p. 95-101, 1994.

NAKAGAWA, J. *et al.* Adubação nitrogenada no perfilhamento da aveia-preta em duas condições de fertilidade do solo. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1071-1080, 2000.

NAKAYAMA, L.H.I. *et al.* Eficiência relativa de fontes de fósforo de diferentes solubilidades na cultura do arroz. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 183-190, 1998.

NOVAIS, F.R.; SMYTH, T.J. *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa: UFV, 1999.

PRIMAVESI, A.C. *et al.* Extração de nutrientes e eficiência nutricional de cultivares de aveia, em relação ao nitrogênio e à intensidades de corte. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 613-620, 1999.

PRIMAVESI, A.C. *et al.* Resposta da aveia branca à adubação em latossolo vermelho-amarelo em dois sistemas de plantio. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 79-86, 2004.

PURITCH, G.S.; BARKER, A.V. Structure and function of tomato leaf chloroplasts during ammonium toxicity. *Plant Physiol.*, Rockville, v. 42, n. 7, p. 1229-1238, 1967.

RAIJ, B. VAN. *et al.* *Análise química para avaliação da*

fertilidade do solo. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001.

ROSOLEM, C.A.; MARCELLO, C.S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 448-455, 1998.

ROSSETO, C.A.V.; NAKAGAWA, J. Época de colheita e desenvolvimento vegetativo de aveia preta. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 731-736, 2001.

SANTI, A. *et al.* Adubação nitrogenada na aveia preta. I - Influência na produção de massa seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1075-1083, 2003.

VILELA, L.; ANGHINONI, I. Morfologia do sistema radicular e cinética de absorção de fósforo em cultivares de soja afetadas pela interação alumínio fósforo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 8, n. 1, p. 91-96, 1984.

Received on October 07, 2005.

Accepted on August 11, 2006.