

# Efeito de doses de nitrogênio e potássio no crescimento, na composição química e nos teores de amônio e nitrato da parte aérea de aveia-amarela cultivada em casa de vegetação\*

Leandro Lourenço Alves \*\*, Paulo Affonso Bellingieri \*\*\*

\* Trabalho apresentado pelo primeiro autor à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV-Unesp) para Graduação em Zootecnia.

\*\* Zootecnista. Rua Paranapanema, 891, CEP 14051-290, Ribeirão Preto (SP), Brasil.

\*\*\* Autor para correspondência. Departamento de Tecnologia, FCAV-Unesp. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n. CEP 14884-900, Jaboticabal (SP), Brasil.

## Resumo

O presente experimento foi conduzido em casa de vegetação, em Jaboticabal (SP), utilizando-se de um Latossolo Vermelho distrófico típico, em vasos, tendo como objetivo avaliar os efeitos de doses de nitrogênio e potássio na produção de matéria seca e alterações na composição química do solo e da planta. Para a fertilização mineral do solo, utilizou-se de uréia, superfosfato simples, cloreto de potássio e sulfato de zinco heptaidratado, nas doses de 0, 100, 200 e 400 mg dm<sup>-3</sup> para nitrogênio e potássio; 200 mg dm<sup>-3</sup> para fósforo e 5 mg dm<sup>-3</sup> para o zinco. As adubações com N e K foram parceladas em três aplicações, a primeira na semeadura, a segunda 10 dias após e a terceira, 15 dias após a segunda. A semeadura de aveia-amarela (*Avena byzantina* C. Koch) foi realizada após 30 dias de incubação do corretivo. As amostragens da parte aérea foram realizadas 60 e 120 dias após semeadura, sendo determinados: a produção de MS, teores de proteína bruta (PB), teores de macronutrientes e de alguns micronutrientes (Cu, Fe, Zn e Mn) na parte aérea. As doses de N utilizadas alteraram positivamente a produção de matéria seca e os teores de PB nos dois cortes, e doses crescentes de K, até 200 mg dm<sup>-3</sup>, proporcionaram aumento do teor de amônio. Observou-se efeito positivo do N e K nas concentrações de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> do solo.

Palavras-chave adicionais: *Avena byzantina*; nutrição mineral; adubação; composição química.

## Abstract

ALVES, L. L.; BELLINGIERI, P. A. Effect of nitrogen and potassium doses on growth, chemical composition and levels of ammonium and nitrate in the aerial part of yellow oat cultivated in greenhouse. *Científica*, v.32, n.2, p.107-114, 2004.

The present experiment was carried out in a greenhouse, at Jaboticabal, São Paulo, Brazil. A dark red latosol with medium texture was used in pots, aiming at evaluating the effects of levels of nitrogen and potassium on the production of dry matter and alterations in the chemical composition of the soil and of the plant. For mineral fertilization of the soil it was used urea, simple superphosphate, potassium chloride and heptahydrated zinc sulfate, in the doses of 0, 100, 200 and 400 mg dm<sup>-3</sup> for nitrogen and potassium; 200 mg dm<sup>-3</sup> for phosphorus and 5 mg dm<sup>-3</sup> for zinc. The fertilizer N and K were parceled out in three applications, the first in the seeding, the second 10 days after, and the third 15 days after the second. The seeding of yellow oat (*Avena byzantina* C. Koch) was realized 30 days after incubation of the corrective. The samplings of the aerial part were taken 60 and 120 days after seeding with the following being determined: dry matter production, levels of crude protein, levels of macronutrients and of some micronutrients (Cu, Fe, Zn, and Mn) in the aerial part. Nitrogen promoted an increase of dry matter and levels of crude protein in the two cuts; N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> increased significantly until the dose of 200 mgdm<sup>-3</sup> of K. A positive effect of N and K in the concentrations of N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in the soil was verified.

Additional keywords: *Avena byzantina*; mineral nutrition; fertilization; chemical composition.

## Introdução

A aveia é uma das mais significativas lavouras de inverno, destacando-se, na pesquisa atual, pela obtenção de excelentes cultivares, com boa produtividade, resistência a doenças e grãos de alto peso específico. A utilização de forrageiras de inverno, irrigadas, se necessário, é alternativa adequada para amenizar os problemas de escassez de forragem, nessa época do

ano, no Estado de São Paulo. Entre essas, destaca-se a aveia, por sua produtividade e seu valor nutritivo. A cultura vem conquistando espaços, diminuindo paulatinamente a ociosidade de áreas durante a estação fria, sendo importante alternativa para rotação de culturas (FONTANELI & PIOVESAN, 1991).

Caracteriza-se como gramínea de ciclo anual com pouca resistência à seca, porém grande resistência ao

frio e à cigarrinha, e destaca-se pelo alto teor protéico nas sementes, boa digestibilidade, boa palatabilidade, baixos níveis de componentes da fração fibrosa, apresentando ainda altos valores de digestibilidade *in vitro* e *in vivo* (CHERNEY & MARTEN, 1982; MULTANI & GUPTA, 1986; CHERNEY et al., 1990; GALLO, 1991).

A aveia-amarela (*Avena byzantina* C. Koch) é utilizada para produção de grãos, em função do potencial de rendimento e da qualidade industrial, embora possa ser usada com duplo propósito, ou seja, a produção de forragem de inverno e posterior colheita de grãos da rebrota (FLOSS, 1988). Outras utilizações seriam pastejo direto, corte, fenação e ensilagem (RODRIGUES et al., 1995).

Além da espécie, inúmeros outros fatores influenciam a produção e o valor nutritivo da forragem da aveia, destacando-se a aplicação de fertilizantes, a época de semeadura e o estágio de desenvolvimento da planta na época do corte (PEREIRA, 1985; ALVIM et al., 1987; WEDIN & HOVELAND, 1987). Com referência à aplicação de fertilizantes, RAIJ et al. (1996) recomendam 30, 90 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, devendo essa recomendação sofrer variações com base na análise preliminar do solo.

As principais alterações observadas na composição química das plantas forrageiras são devidas aos aumentos nos teores de fibra bruta e à diminuição do conteúdo celular, em função das alterações na relação folha/caule, com o crescimento das plantas (CHERNEY & MARTEN, 1982).

Na fertilização, o nitrogênio é um dos elementos mais importantes, pois estimula o crescimento e o perfilhamento da planta, aumentando a produção de forragem. Conseqüentemente, ao se aplicar esse elemento, ocorre, normalmente, aumento da capacidade de suporte da pastagem (OLIVO, 1982). Além disso, o nitrogênio é fundamental na composição da proteína, e, por essa razão, o conteúdo protéico da forragem está diretamente relacionado à disponibilidade desse elemento no solo. Entretanto, a resposta da planta à aplicação desse nutriente está associada a vários fatores, tais como condições climáticas, manejo e fertilidade do solo (ALVIM, 1981).

ALVIM et al. (1987) estudaram o efeito da fertilização nitrogenada sobre a produção de matéria seca e teor de proteína da aveia, e concluíram que: 1) a produção total de matéria seca aumentou consideravelmente com a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup>, e essa dose foi suficiente para elevar o teor de proteína bruta a valores suficientes para que a aveia constituísse numa relevante fonte protéica para vacas em lactação; 2) a eficiência da aplicação de N e sua recuperação diminuem ao se elevar a fertilização nitrogenada na aveia.

Tanto o nitrogênio quanto o potássio, isoladamente, afetam a relação parte aérea/sistema radicular das plantas. O desbalanceamento entre ambos pode ter efeitos drásticos, como rachadura de colmos e

acamamento das plantas. O nitrogênio em excesso, absorvido e metabolizado, induz nas plantas o aumento no teor de proteína em detrimento de carboidratos, resultando em desenvolvimento excessivo da parte aérea em relação à raiz. Além do acamamento, isso pode resultar em menor resistência à seca (MARSCHNER, 1986). O potássio aumenta a resistência ao acamamento, provavelmente em conseqüência da aceleração na lignificação das células do esclerênquima e do aumento na espessura do colmo (PRETTY, 1982). Dessa forma, um possível excesso de nitrogênio associado à deficiência de potássio pode resultar em elevado nível de acamamento.

PRIMAVESI & PRIMAVESI (1996), em estudo com aveia, constataram diminuição da eficiência do adubo nitrogenado, com aumento das doses desse nutriente.

PRIMAVESI & PRIMAVESI (1997) estudaram o efeito do nitrogênio na composição bromatológica da forragem e dos grãos de dois cultivares de aveia e concluíram que houve diminuição nos teores de proteína da forragem do primeiro para o segundo corte, para os dois cultivares.

STEINECK & HAEDER (1978), a partir de experimentos em vasos, onde utilizaram doses de nitrogênio e potássio para as culturas de aveia e trigo, verificaram que o nitrogênio aumentou e o potássio diminuiu o conteúdo das frações nitrogenadas solúveis, demonstrando, assim, o efeito do potássio na utilização do nitrogênio pelas plantas.

LOUÉ (1978), em estudos sobre a relação entre N e K, observou que altos teores de N com baixos de K favoreciam o acamamento e o ataque de doenças, e que a relação N/K afetava aspectos qualitativos, como teor de proteína, e quantitativos, como peso de grãos. Outro aspecto levantado por LOUÉ (1978) diz respeito à adubação nitrogenada, pois grandes quantidades de nitrogênio, na forma de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, podem atingir um nível tóxico de NH<sub>3</sub>, porém, quando é adicionado potássio na adubação, a toxidez pode ser evitada.

SILVA (1990), analisando o efeito da adubação N-K na aveia-preta, concluiu que o potássio e o nitrogênio têm efeito positivo e isolado na produção de matéria verde. Além disso, determinou-se uma relação entre N e K para absorção desses nutrientes pela planta, sendo tanto maior, quanto maiores forem as doses de ambos, até a dose de 200 mg kg<sup>-1</sup> de K. Ocorreu inibição na absorção de N nas maiores doses de N e K (200 mg kg<sup>-1</sup>).

CHEN & MACKENZIE (1992), em estudo de incubação com uréia, cloreto de amônio e cloreto de potássio, avaliaram a fixação de K<sup>+</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> em três solos, ao sul de Quebec, Canadá. Observaram que a fixação de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> aumentou com o aumento da dose de N, e decresceu com o aumento da dose de K, quando aplicados em conjunto com uréia. Com NH<sub>4</sub>Cl, notaram aumento de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> fixado com o aumento das doses de K. Embora estudos indiquem não haver significativa competição entre K<sup>+</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pela absorção, LAMOND (1979) relatou que N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> provocou diminuição da

concentração de K<sup>+</sup> em condições experimentais.

O projeto do qual este experimento faz parte visa a orientar um grande número de produtores que não utilizam tecnologia adequada de adubação. As atuais recomendações de adubação mineral estabelecem doses elevadas de NPK em função da produtividade esperada, muitas vezes, não levando em conta as interações entre elementos, particulares de cada cultura. Daí a importância do manejo adequado de adubos nitrogenados, normalmente recomendados em grandes quantidades.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio e de potássio, parceladas em três aplicações, e de sua interação, na produção de matéria seca e nas alterações na composição química

do solo e da planta de aveia-amarela.

## Material e métodos

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Tecnologia, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Câmpus de Jaboticabal.

A terra para preenchimento dos vasos foi retirada de um Latossolo Vermelho distrófico típico, da região de Jaboticabal (SP), com as propriedades químicas apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** – Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico típico, da região de Jaboticabal (SP). *Table 1 – Chemical properties of a dark red latosol the region of Jaboticabal, São Paulo, Brazil.*

pH	MO/ Organic matter	Presina/ Presin	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
CaCl <sub>2</sub> 0,01 mol L <sup>-1</sup>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	_____	_____	mmol <sub>c</sub>	dm <sup>-3</sup>	_____	_____	%
4,2	20,0	3,0	0,6	5,0	3,0	47,0	8,6	55,6	15,0

Para se elevar a saturação por bases a 70%, foi utilizado calcário dolomítico com 28,3% de CaO, 14% de MgO e com PRNT = 67 %. Após a aplicação do corretivo, fez-se a incubação do solo por 30 dias, com adição de água destilada até 70% do valor da capacidade de campo.

Foram utilizados, como fontes de nitrogênio, fósforo, potássio e zinco, a uréia, o superfosfato simples, o cloreto de potássio e o sulfato de zinco heptaidratado, nas doses zero, 100, 200 e 400 mg dm<sup>-3</sup> para nitrogênio e potássio; 200 mg dm<sup>-3</sup> para fósforo e 5 mg dm<sup>-3</sup> para zinco. Essas doses, com exceção do zinco (dose única na semeadura), foram parceladas em três aplicações: a primeira na semeadura, a segunda 10 dias após, e a terceira, 15 dias após a segunda.

Para a avaliação dos resultados, utilizou-se a cultura da aveia-amarela (*Avena byzantina* C. Koch).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 16 tratamentos (doses de zero, 100, 200 e 400 mg dm<sup>-3</sup> de nitrogênio combinadas com as mesmas doses de potássio) e 3 repetições, em esquema fatorial 4 x 4.

A semeadura foi realizada após 30 dias de incubação com o corretivo, sendo utilizadas 15 sementes por vaso. O primeiro desbaste foi realizado 10 dias após a semeadura, deixando de cinco a seis plântulas, e o segundo, 15 dias após o primeiro, deixando-se três plantas por vaso em definitivo. Durante o período de condução do experimento, realizou-se a reposição da água evapotranspirada em intervalos regulares. Essa reposição de água foi realizada por pesagem do vaso saturado (após drenagem), com base na diferença de peso, a cada

quatro dias.

A primeira amostragem da parte aérea foi realizada 60 dias após a semeadura, por meio de corte a 8 cm da superfície do vaso. Após o corte, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel previamente perfurados e identificados, e encaminhadas para secagem em estufa de circulação e renovação forçada de ar, a 60-70 °C, até peso constante. A segunda amostragem foi realizada pelo mesmo método, 120 dias após a semeadura. Após o segundo corte, a terra de cada vaso foi peneirada, para recuperação de todo o sistema radicular.

Após a secagem do material (parte aérea e sistema radicular), determinou-se a biomassa seca produzida e encaminhou-se o material para moagem. Com o material moído, de ambos os cortes, determinaram-se os teores de K, P, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, por meio da extração nitroperclórica, de acordo com método de SARRUGE & HAAG (1974), e teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, pelo método de CATALDO et al. (1975). Os teores de N<sub>TOTAL</sub> foram determinados por extração sulfúrica, com posterior destilação e titulação, de acordo com a ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (1970), e expressos na forma de proteína bruta (PB = 6,25 x % N<sub>TOTAL</sub> na MS).

No solo, foram determinadas as propriedades químicas para fins de fertilidade, de acordo com FERREIRA et al. (1990), e teores de alguns íons metálicos (Cu, Fe, Mn e Zn), conforme LAGERWERFF et al. (1977). Os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foram determinados pelo método de KEENEY & NELSON (1982).

## Resultados e discussão

Analisando as Tabelas 2 e 3, nota-se que o N influenciou negativamente nos teores de enxofre das plantas, e o P também tendeu a diminuir com as doses crescentes de N até 200 mg dm<sup>-3</sup>. Dessa maneira, um aumento na absorção de N resultaria também em maior exigência de P e, conseqüentemente, em alta concentração de P na maior dose de N (4,63 g kg<sup>-1</sup> e 3,01 g kg<sup>-1</sup> de MS) e na testemunha, que, em decorrência do menor crescimento, contribuiu para maior concentração de P (6,94 g kg<sup>-1</sup> e 3,05 g kg<sup>-1</sup> de MS). Observa-se também que quanto maior foi a dose de N, menor foi o teor de S.

Com relação ao N<sub>TOTAL</sub>, PB e Ca, ocorreram diferenças significativas (P<0,01) entre os tratamentos, sendo que, nas maiores doses (N<sub>200</sub> e N<sub>400</sub>), os valores foram superiores (Tabelas 2, 4 e 5). No caso do cálcio, com o aumento da adubação nitrogenada, ocorre maior absorção. Este efeito sinérgico seria atribuído à elevação da capacidade de troca catiônica (T) das raízes promovida pelo N, permitindo, assim, que as plantas absorvam mais Ca (MASCARENHAS, 1977). Para os demais macronutrientes (K e Mg), ocorreu pequena diferença entre doses, e as maiores concentrações correspondem às doses intermediárias de N. Com relação

ao Mg, isso se explica pelo efeito sinérgico do N sobre a absorção de Mg, em contrapartida com a redução da absorção em plantas que receberam N-amoniacoal (WILCOX et al., 1973).

Verifica-se, ainda, que as doses de K influenciaram significativamente na absorção de K, sendo maior nas maiores doses de K. Para Ca e Mg, o efeito foi inverso, ou seja, com o aumento das doses de K, ocorreu decréscimo nos teores desses nutrientes. Este efeito é considerado o "antagonismo" como efeito de superfície, entre o meio externo e as raízes, havendo substituição dos íons a elas adsorvidos (EPSTEIN, 1972). Assim, em ordem decrescente de força de adsorção, EPSTEIN (1972) relacionou Mn<sup>2+</sup> > Ca<sup>2+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup>. Considerando a alta especificidade do K, esse autor sugeriu que o antagonismo ocorre por efeito competitivo no transporte em longas distâncias na planta, ou é resultado de uma absorção não-seletiva, a qual ocorre na presença de altas concentrações de íons no meio radicular. Para S, nota-se que a testemunha apresentou a maior concentração, atribuída a seu menor desenvolvimento e, conseqüentemente, maior concentração dos nutrientes na MS. Para N<sub>TOTAL</sub>, PB e MS, não ocorreu diferença significativa com a adição de K.

**Tabela 2** – Valores obtidos na análise de variância para teores de N<sub>TOTAL</sub>, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca (MS) da parte aérea de aveia-amarela (1º corte). *Table 2 – Values obtained in the analysis of variance of levels of total N, P, K, Ca, Mg and S in dry matter (MS) of the aerial part of yellow oat (first cut).*

Doses de N (g mg <sup>-3</sup> )/Doses of N (g mg <sup>-3</sup> )	N <sub>TOTAL</sub>	P	K	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup> MS					
0	1,16 C	6,94 A	39,32 AB	7,55 C	5,11 AB	4,66 A
100	1,75 B	3,79 C	44,71 A	8,53 C	5,34 AB	3,38 B
200	1,89 A	3,85 C	40,63 AB	11,03 B	5,42 A	2,76 C
400	1,99 A	4,63 B	38,08 B	12,71 A	4,85 B	2,42 C
Teste F/ F test	102,16 **	105,51 **	3,44 *	42,75 **	3,52 *	75,14 **
DMS (5%)/MSD (5%)	0,1415	0,55	5,95	1,38	0,52	0,44
Doses de K (g mg <sup>-3</sup> )/ Doses of K (g mg <sup>-3</sup> )						
0	1,70 A	5,86 A	9,73 D	12,08 A	6,61 A	4,58 A
100	1,66 A	4,25 C	33,49 C	9,74 B	5,04 B	3,14 B
200	1,67 A	4,83 B	53,28 B	9,24 B	4,69 BC	2,83 BC
400	1,75 A	4,28 BC	66,23 A	8,76 B	4,38 C	2,68 C
Teste F/ F test	1,10 NS	27,39 **	252,62 **	16,83 **	52,86 **	58,13 **
DMS (5%)/MSD (5%)	0,14	0,55	5,95	1,38	0,52	0,44
F interação N x K/ F for N x K interaction	0,74 NS	16,51 **	3,32 **	1,00 NS	1,36 NS	31,94 **
CV (%) / Coefficient of Variation (%)	7,54	10,36	13,20	12,50	9,12	11,94

As letras são utilizadas para as comparações na vertical, sendo que as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (5%).

NS: não-significativo; \* : significativo a 5% de probabilidade; \*\* : significativo a 1% de probabilidade.

Means followed by the same letter within a column are not significantly different by the Tukey test at 5% of probability.

NS: non-significant; \*: significant at 5% of probability; \*\*: significant at 1% of probability.

**Tabela 3** – Valores obtidos na análise de variância para teores de N<sub>TOTAL</sub>, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca (MS) da parte aérea de aveia-amarela (2º corte). *Table 3 – Values obtained in the analysis of variance of levels of total N, P, K, Ca, Mg and S in dry matter (MS) of the aerial part of yellow oat (second cut).*

Doses de N (g mg <sup>-3</sup> )/Doses of N (g mg <sup>-3</sup> )	N <sub>TOTAL</sub>	P	K	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup> MS					
0	0,83 C	3,05 A	23,38 B	5,00 C	2,58 B	2,98 A
100	1,21 B	2,50 B	20,70 B	6,53 B	3,21 A	1,51 BC
200	1,30 AB	2,72 AB	21,38 B	8,81 A	3,52 A	1,17 C
400	1,48 A	3,01 A	31,05 A	9,78 A	3,20 A	1,53 B
Teste F/ F test	31,96 **	4,47 *	2,85 *	37,89 **	11,86 **	78,64 **
DMS (5%)/MSD (5%)	0,18	0,49	4,67	1,42	0,5	0,35
Doses de K (g mg <sup>-3</sup> )/Doses of K (g mg <sup>-3</sup> )						
0	1,14 A	2,80 A	5,29 D	8,32 A	4,03 A	2,85 A
100	1,13 A	2,73 A	17,58 C	7,75 AB	3,30 B	1,73 B
200	1,18 A	3,00 A	30,23 B	6,98 AB	2,75 C	1,51 B
400	1,30 A	2,70 A	36,98 A	6,70 B	2,63 C	1,42 B
Teste F/ F test	2,49 NS	1,26 NS	114,56 **	7,89 **	24,08 **	41,42 **
DMS (5%)/MSD (5%)	0,18	0,49	4,67	1,42	0,5	0,35
F interação N x K/ F for N x K interaction	0,94 NS	4,10 **	1,83 NS	0,50 NS	1,53 NS	30,83 **
CV (%) / Coefficient of Variation (%)	13,26	15,00	17,07	16,66	13,88	16,91

Na Figura 1, observa-se o efeito positivo do N na absorção de nitrato e amônio pelas plantas. Para amônio, nota-se um efeito positivo proporcional à dose de N, ou seja, quanto maior a dose, maior a concentração desse elemento. Para nitrato, a concentração cresce até a dose intermediária de N (N<sub>200</sub>).

Com relação à Figura 2, verifica-se que o N teve efeito positivo na concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo, e as maiores concentrações ocorreram na maior dose de N. Para NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, nota-se um efeito positivo proporcional ao teor de N aplicado, ou seja, quando maior a dose de adubação nitrogenada, maior a concentração.

Quanto à concentração de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, nota-se que seu teor no solo diferiu significativamente apenas da maior dose de N aplicada (Tabela 6).

Analisando a Figura 3, sobre a concentração de amônio e nitrato no 1º corte para diferentes doses de K, nota-se que, com acréscimo de K, ocorre tendência de diminuição na concentração de amônio, provavelmente em decorrência do efeito competitivo entre K<sup>+</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (CHEN & MACKENZIE, 1992). Para NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, não se observa diferença significativa com aumento de K.

Na Figura 4, referente ao 2º corte, nota-se que as doses de K afetaram diferentemente as concentrações de amônio e de nitrato na parte aérea da planta, mostrando que o pico de concentração é diferente, para as duas fontes nitrogenadas, nas mesmas doses de K. Quanto aos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, houve pouca diferença com a adição de K.

**Tabela 4** – Valores obtidos na análise de variância para produção de proteína bruta (PB) e matéria seca (MS) na parte aérea de aveia-amarela (1º corte). *Table 4 – Values obtained in the analysis of variance of crude protein (PB) and dry matter (MS) yield of the aerial part of yellow oat (first cut).*

Doses de N (g mg <sup>-3</sup> )/Doses of N (g mg <sup>-3</sup> )	PB	MS
	g kg <sup>-1</sup> MS	g vaso <sup>-1</sup> g pot <sup>-1</sup>
0	7,22 C	8,06 C
100	10,92 B	11,99 A
200	11,81 A	11,69 A
400	12,42 A	9,96 B
Teste F/ F test	102,28 **	16,38 **
DMS (5%)/MSD (5%)	0,88	1,72
Doses de K (g mg <sup>-3</sup> )/Doses of K (g mg <sup>-3</sup> )		
0	10,63 A	8,95 B
100	10,39 A	11,25 A
200	10,43 A	11,29 A
400	10,92 A	11,22 A
Teste F/ F test	1,10 NS	5,82 **
DMS (5%)/MSD (5%)	0,88	1,72
F interação N x K/ F for N x K interaction	0,74 NS	0,41 NS
CV (%) / Coefficient of Variation (%)	7,54	14,88

As letras são utilizadas para as comparações na vertical, sendo que as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (5%).

NS: não-significativo; \* : significativo a 5% de probabilidade; \*\* : significativo a 1% de probabilidade.

Means followed by the same letter within a column are not significantly different by the Tukey test at 5% of probability.

NS: non-significant; \* : significant at 5% of probability; \*\*: significant at 1% of probability.

**Tabela 5** – Valores obtidos na análise de variância para produção de proteína bruta (PB) e matéria seca (MS) na parte aérea de aveia-amarela (2ª corte). *Table 5 – Values obtained in the analysis of variance of crude protein (PB) and dry matter (MS) yield of the aerial part of yellow oat (second cut).*

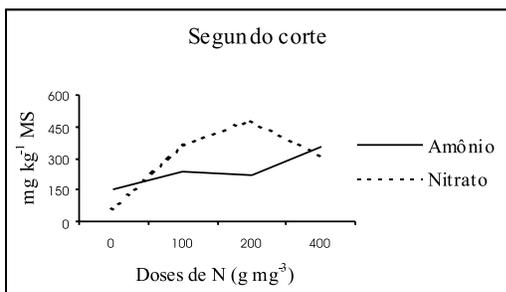
Doses de N (g mg <sup>-3</sup> )/Doses of N (g mg <sup>-3</sup> )	PB	MS
	g kg <sup>-1</sup> MS	g vaso <sup>-1</sup> g pot <sup>-1</sup>
0	5,22 C	10,24 BC
100	7,56 B	14,92 AB
200	8,12 AB	15,56 A
400	9,22 A	9,31 C
Teste F/ F test	32,01 **	6,68 **
DMS (5%) /MSD (5%)	1,14	5,16
Doses de K (g mg <sup>-3</sup> )/ Doses of K (g mg <sup>-3</sup> )		
0	7,10 A	10,16 A
100	7,05 A	13,60 A
200	7,35 A	12,74 A
400	8,09 A	13,74 A
Teste F/ F test	2,49 NS	2,45 NS
DMS (5%) /MSD (5%)	1,14	5,16
F interação N x K/ F for N x K interaction	0,94 NS	0,68 NS
CV (%) / Coefficient of Variation (%)	13,25	35,10

As letras são utilizadas para as comparações na vertical, sendo que as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (5%).

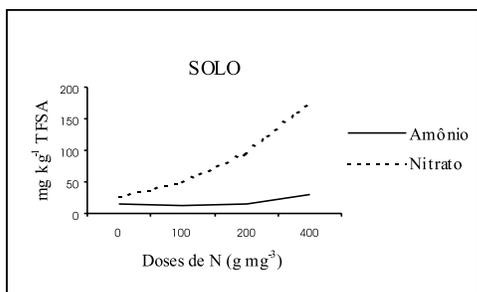
NS: não-significativo; \* : significativo a 5% de probabilidade; \*\* : significativo a 1% de probabilidade.

Means followed by the same letter within a column are not significantly different by the Tukey test at 5% of probability.

NS: non significant; \*: significant at 5% of probability; \*\*: significant at 1% of probability.



**Figura 1** – Efeito de doses de N na concentração de amônio e nitrato na matéria seca (MS) da parte aérea de aveia-amarela (2ª corte). *Figure 1 – Effect of N doses on the ammonium and nitrate concentration in dry matter (MS) of the aerial part of yellow oat (second cut).*



**Figura 2** – Efeito de doses de N na concentração de amônio e nitrato de um Latossolo Vermelho distrófico típico, da região de Jaboticabal (SP). *Figure 2 – Effect of nitrogen doses on ammonium and nitrate concentrations of a dark red latosol in the region of Jaboticabal, São Paulo, Brazil.*

**Tabela 6** – Valores obtidos na análise de variância para teores de amônio e nitrato em um Latossolo Vermelho distrófico típico, da região de Jaboticabal (SP). *Table 6 – Values obtained in the analysis of variance of levels of ammonium and nitrate of a dark red latosol in the region of Jaboticabal, São Paulo, Brazil.*

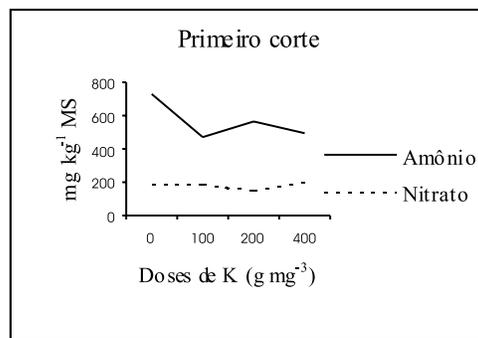
Doses de N(g mg <sup>-3</sup> )/Doses of N (g mg <sup>-3</sup> )	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	mg kg <sup>-1</sup> TFSA	
0	15,07 B	27,18 C
100	11,78 B	51,15 BC
200	14,49 B	95,97 B
400	28,82 A	177,08 A
Teste F/ F test	4,82 **	15,36 **
DMS (5%) /MSD (5%)	13,36	64,54
CV (%) / Coefficient of Variation (%)	68,80	66,37

As letras são utilizadas para as comparações na vertical, sendo que as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (5%).

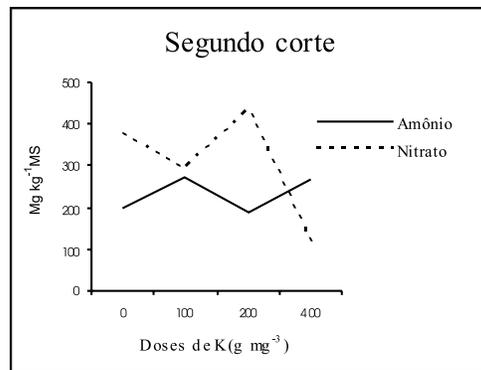
NS: não significativo; \*: significativo a 5% de probabilidade; \*\*: significativo a 1% de probabilidade.

Means followed by the same letter within a column are not significantly different by the Tukey test at 5% of probability.

NS: non significant; \*: significant at 5% of probability; \*\*: significant at 1% of probability.



**Figura 3** – Efeito de doses de K na concentração de amônio e nitrato na matéria seca (MS) da parte aérea de aveia-amarela (1ª corte). *Figure 3 – Effect of K doses on the ammonium and nitrate concentration in dry matter (MS) of the aerial part of yellow oat (first cut).*



**Figura 4** – Efeito de doses de K na concentração de amônio e nitrato na matéria seca (MS) da parte aérea de aveia-amarela (2ª corte). *Figure 4 – Effect of K doses on the ammonium and nitrate concentration in dry matter (MS) of the aerial part of yellow oat (second cut).*

## Conclusões

As doses de nitrogênio utilizadas influenciaram a absorção de macronutrientes e proporcionaram aumento do teor de proteína bruta da parte aérea de aveia-amarela, em relação à testemunha.

As doses de potássio afetaram apenas a absorção de macronutrientes.

As doses de N e K influíram mais nos teores de amônio do que nos de nitrato, na parte aérea da planta.

As doses de N tiveram efeito positivo nas concentrações de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  do solo.

## Referências

- ALVIM, M. J. Efeito de doses de nitrogênio e mistura, frequência e diferimentos aos cortes sobre o rendimento e qualidade da forragem do azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) e a produção de sementes. 1981. 129f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1981.
- ALVIM, M. J.; MARTINS, C. E.; CÔSER, A. C.; BOTREL, M. A. Efeito da fertilização nitrogenada sobre a produção de matéria seca e teor de proteína bruta de aveia (*Avena sativa* L.) nas condições da zona da mata de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.16, n.4, p.395-401. 1987.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists*. 11.ed. Washington, 1970. 1075p.
- CATALDO, D. A. L.; HAARON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.6, p.71-90, 1975.
- CHEN, J. S.; MACKENZIE, A. F. Fixed ammonium and potassium as affected by added nitrogen and potassium in three Quebec soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.23, p.1145-1159, 1992.
- CHERNEY, I. H.; MARTEN, G. C. Small grain crop forage potential. I. Biological and chemical determinants of quality, and yield. *Crop Science*, Madison, v.22, n.2, p.227-231, 1982.
- CHERNEY, I. H.; MERTENS, D. R.; MOORE, J. E. Morphology, fiber composition and mean particle diameter relationships in ground barley and oat forages at different ages. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.31, n.1-2, p.65-78, 1990.
- EPSTEIN, E. *Mutual effects of ions in their absorption by plants*. São Paulo: Agrochimica, 1972. 341p.
- FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA JUNIOR, M. E. *Avaliação da fertilidade empregando o sistema IAC de análise de solo*. Jaboticabal: FCAV, 1990. 94p.
- FLOSS, E. L. Manejo forrageiro de aveia (*Avena* sp.) e azevém (*Lolium* sp.). In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 9., 1988, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1988. p.231-268.
- FONTANELI, R. S.; PIOVESAN, A. J. Efeito de cortes no rendimento de forragem e grãos de aveia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.26, n.5, p.691-697, 1991.
- GALLO, C. H. *Avaliação da aveia preta (Avena strigosa Schreb) e de cultivares de aveia amarela (Avena byzantina Koch) sob diferentes sistemas de manejo*. 1991. 42f. Monografia (Trabalho de Graduação em Zootecnia) – Faculdade Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1991.
- KEENEY, D. R.; NELSON, D. W. Nitrogen – inorganic forms. In: PAGE, A. L. (Ed.). *Methods of soil analysis, Part 2: chemical and microbiological properties*. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.642-683.
- LAGERWERFF, J. V.; BIERSDORF, G. T.; MILBERG, R. P.; BROWER, D. L. Effects of incubation and liming on yield and heavy metal uptake by rye from sewage-sludged soil. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v.6, p.427-431, 1977.
- LAMOND, R. E. *Effects of nitrogen form, magnesium application and soil temperature on grass tetany related components of winter wheat and tall fescue*. 1979. 91f. Thesis (Ph.D.) – Kansas State University of Agriculture and Applied Science, Manhattan, 1979.
- LOUÉ, A. The interaction of potassium with other growth factors, particularly with nutrients. In: CONGRESS INTERNATIONAL OF THE POTASH INSTITUTE, 11., 1978, Bern. *Proceedings...* Bern: International Potash Institute, 1978. p.407-433.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1986. 647p.

- MASCARENHAS, H. A. A. **Cálcio, enxofre e ferro no solo e na planta**. Campinas: Fundação Cargill, 1977. 95p.
- MULTANI, K. K.; GUPTA, B. K. Chemical composition and nutritive value of oat (*Avena sativa*) fodder as affected by stage of maturing. *Indian Journal of Animal Science*, New Delhi, v,56, n.10, p.1085-1089, 1986.
- OLIVO, C. S. **Efeito de forrageiras anuais de estação quente e estação fria sobre a produção de leite**. 1982. 108f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1982.
- PEREIRA, J. P. **Aveia, uma excelente opção para alimentação do rebanho leiteiro no inverno**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. p.1-13 (Boletim Técnico, 16).
- PRETTY, K. M. O potássio e a qualidade da produção agrícola. In: INSTITUTO DA POTASSA E DO FOSFATO. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, 1982. p.177-194.
- PRIMAVESI, A. C. P. A.; PRIMAVESI, O. Avaliação do potencial de resposta ao nitrogênio sob regimes de corte, de dois cultivares de aveia. I. Produção de forragem e grãos. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.71, n.1, p.105-118, 1996.
- PRIMAVESI, A. C. P. A.; PRIMAVESI, O. Avaliação do potencial de resposta ao nitrogênio em regimes de corte, de dois cultivares de aveia. II. Determinações bromatológicas. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.72, n.2, p.205-218, 1997.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- RODRIGUES, A.; GODOY, R.; ESTEVES, S. N. Efeito do pastejo em aveia entre a 1ª e a 2ª ordenha sobre a produção de leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.24, n.4, p.632-644, 1995.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56p.
- SILVA, A. P. **Efeito da adubação N-K em aveia preta (*Avena strigosa* Schreb)**. 1990, 23f. Trabalho (Graduação em Agronomia) – Faculdade Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1990.
- STEINECK, O.; HAEDER, H. P. The effect of potassium on growth yield components of plants. In: CONGRESS INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 11., 1978, Bern. **Proceedings...** Bern: International Potash Institute, 1978. p.165-187.
- WEDIN, W. F.; HOVELAND, C. Cereal vegetation as a source of forage. In: OLSON, R. A.; FREY, K. J. **Nutritional quality of grains, genetics and agronomy improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1987. p.83-99.
- WILCOX, G. E.; HOFF, J. E.; JONES, C. E. Ammonium reduction of calcium and magnesium content of tomato and sweet corn leaf tissue and influences on incidence of blossom and rot of tomato fruit. *Journal of the American Society Horticultural Science*, Alexandria, v.98, n.1, p.86-89, 1973.