

Acumulação de nutrientes e produção forrageira de aveia e azevém em função da aplicação de calcário e gesso em superfície

Nutrients accumulation and forage production of oat and ryegrass as affected by the application of lime and gypsum on soil surface

Marciela R. Silva^{1*}, Adelino Pelissari¹, Anibal de Moraes¹, Itacir E. Sandini², Luís C. Cassol³, Tangriani S. Assmann³ e Edilson B. Oliveira⁴

¹ Universidade Federal do Paraná – UFPR. Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo. Rua dos Funcionários, 1540, Juvevê. Caixa Postal 19061, CEP 81531-990, Curitiba-Paraná, Brasil. E-mails: *marciela-rodrigues@hotmail.com, author for correspondence; linopeli@hotmail.com; anibaldemoraes@gmail.com.

² Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO. Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo. Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Vila Carli, CEP 85040-080 Paraná Brasil. E-mail: isandini@hotmail.com.

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo. Via do Conhecimento, Km 1, CEP 85503-390, Pato Branco - Paraná, Brasil. E-mails: tangriani@utfpr.edu.br; cassol@utfpr.edu.br.

⁴ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Estrada da Ribeira, Km 111, Bairro Guaraituba, Caixa Postal: 319, CEP 83411-000, Colombo, Paraná, Brasil. E-mail: edilson@cnpf.embrapa.br.

Recebido/Received: 2014.08.17

Aceite/Accepted: 2015.04.17

RESUMO

A calagem e a aplicação de gesso levam a modificações químicas no solo que podem influenciar o crescimento e desenvolvimento de pastagens anuais de inverno. Com o objetivo de avaliar o efeito da utilização de calcário e gesso em superfície, na presença e ausência de pastoreio, sobre a produção de matéria seca e a acumulação de nutrientes da mistura forrageira de aveia e azevém realizou-se um ensaio num Latossolo Bruno álico em Guarapuava - Paraná, Brasil. Os tratamentos, dispostos em blocos completos casualizados, em parcelas subdivididas com quatro repetições, constaram de dois sistemas de manejo (com e sem pastoreio) nas parcelas e da aplicação de doses de calcário, com ou sem a utilização de gesso em superfície, nas subparcelas. A aplicação de calcário não afetou a produção de matéria seca nem a composição botânica da consorciação de aveia e azevém, quer na presença quer na ausência de gesso, assim como não alterou os teores de nutrientes na parte aérea das plantas em ambos os sistemas de manejo. Comparando os sistemas de produção, o pastoreio afetou negativamente os parâmetros estudados, contudo, note-se que não foi tida em conta a quantidade de excrementos passíveis de decomposição rápida que podem ser utilizadas pela cultura seguinte.

Palavras-chave: acidez do solo, calagem, nutrição mineral

ABSTRACT

The growth and development of annual winter pastures can be affected by chemical modifications of the soil profile owing to lime and gypsum applications. The objective was to evaluate the effect of the use of lime and gypsum applied on soil surface, in the presence and absence of grazing, on dry matter production and nutrient accumulation of forage oat mixture over ryegrass, performed in an experiment carried out on an Oxisol Alic in Guarapuava, Paraná, Brazil. The treatments were arranged in complete randomized blocks in a split plot design with four replications, consisting on two management systems (with and without grazing) in the plots, and the use of limestone rates, with or without surface application of gypsum, in the subplots. Liming did not affect dry matter yield and botanical composition of the oat and ryegrass consortium in both the presence and absence of gypsum, and did not alter the levels of nutrients in the shoots in both management systems. For the production systems, the grazing affected negatively the studied characteristics; however it was not taken into account the amount of excrements readily decomposable that could be use by the following culture.

Keywords: soil acidity, liming, mineral nutrition

Introdução

No sul do Brasil, o cultivo de cereais de inverno tem diminuído devido aos custos de produção, à falta de garantias de comercialização e aos riscos associados à exposição a adversidades climáticas, predominando a implantação de culturas com a finalidade específica de produção de palha. Assim, a gestão dessas extensas áreas, usadas unicamente com lavoura no verão e culturas para cobertura do solo no inverno, de forma integrada com a pecuária, pode constituir uma fonte alternativa de rentabilização das propriedades rurais, diminuindo os riscos associados ao agronegócio. Contudo, a adoção de sistemas de cultivo mais complexos, onde a sincronia entre o que é libertado pela ciclagem dos resíduos e o que é suprido pelo solo é alterada pela deposição de excrementos de origem animal, obriga a rever as práticas e as recomendações tradicionais de adubação e calagem, visando uma maior eficiência de utilização dos nutrientes no sistema.

Tradicionalmente, sabe-se que a produtividade das culturas é condicionada pelas características genéticas de cada espécie vegetal, contudo, pode ser influenciada por fatores químicos e físicos do solo (Rosolem *et al.*, 2007). Considerando que no Brasil mais de 70% da área total é ocupada por solos ácidos (Quaggio, 2000) e que isso confere características limitantes ao crescimento radicular e consequentemente há uma menor capacidade de absorção de água e nutrientes, a correção da acidez e o fornecimento de nutrientes ao solo tornam-se imprescindíveis, especialmente em regiões onde as culturas são frequentemente afetadas pela deficiência hídrica.

A aplicação de corretivos, como o calcário e o gesso, apresenta-se como uma alternativa potencialmente capaz de aumentar a estabilidade da produção e a manutenção de altos índices de produtividade nas culturas de sequeiro. Estes corretivos, além de poderem fornecer algum teor de Ca e Mg ao solo, promovem o aumento da disponibilidade de P e reduzem a de Al e Mn. No caso específico da aplicação do sulfato de cálcio, pode conseguir-se um aumento dos teores de S, elemento cuja deficiência se tem intensificado nalgumas regiões devido ao uso intensivo de adubos altamente concentrados.

Em relação aos efeitos da correção do solo na sub-superfície, a aplicação de gesso juntamente com calcário tem sido apontada por diversos autores

como fonte de nutrientes e alternativa na melhoria do ambiente radicular em profundidade nos primeiros anos de cultivo, época em que a ação do calcário, por ser pouco solúvel e apresentar baixa mobilidade no solo, ainda não atingiu as camadas subsuperficiais (Caires *et al.*, 2003; Pavan, 1994). Por outro lado, a baixa solubilidade do calcário ($0,02 \text{ g L}^{-1}$), teoricamente, poderia ser compensada pela sua alta concentração na superfície do solo favorecendo a descida desse corretivo. Além disso, de acordo com Flores *et al.* (2008), a integração lavoura-pecuária, através da presença de bovinos em pastoreio em áreas de sementeira direta, incrementaria os efeitos da calagem superficial em profundidade, favorecendo a descida de Ca^{2+} e Mg^{2+} no perfil do solo, pela formação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, quer libertados durante a decomposição dos resíduos animais, principalmente fezes, quer provenientes da exsudação de compostos orgânicos da aveia e do azevém, sob influência do pastoreio. Desta forma, a aplicação superficial de corretivos ao solo pode reduzir a acidez e melhorar a disponibilidade de nutrientes no solo (Rheinheimer *et al.*, 2000; Caires *et al.*, 2003; Caires *et al.*, 2004; Caires *et al.*, 2005), podendo também interferir na produção de biomassa e na acumulação de nutrientes pelas pastagens anuais de inverno.

Em estudos feitos por Rheinheimer *et al.* (2000) e Soratto *et al.* (2008) não foram observados quaisquer efeitos na produção de matéria seca da aveia-preta quando a aplicação de calcário à superfície e a sementeira direta deste foram feitos em simultâneo. Contudo, Caires *et al.* (2004) e Caires *et al.* (2002) verificaram que com a aplicação superficial de calcário ou de gesso foi possível manter ou mesmo aumentar os rendimentos das culturas. No entanto, não existem trabalhos de investigação envolvendo o sistema solo-planta-animal no que se refere à produção de biomassa e à concentração de nutrientes, em função da aplicação de calcário e gesso em superfície, considerando que a presença dos animais, como parte do ciclo biogeoquímico, aumenta os níveis de complexidade dos processos envolvidos na movimentação das partículas finas e nutrientes no perfil do solo (Cassol, 2003).

Nestes pressupostos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de calcário e gesso em superfície, em dois sistemas de manejo (com e sem pastoreio), sobre a composição botânica, a nutrição e produção de matéria seca da consorciação aveia e azevém.

Material e Métodos

O ensaio foi realizado no campus CEDETEG da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), município de Guarapuava, Paraná, localizado a 25° 33' latitude Sul e 51° 29' longitude Oeste, na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto Paranaense, com uma altitude média de 1100 m. O solo é classificado como Latossolo Bruno álico, com relevo suave ondulado, substrato de rochas basálticas (Embrapa, 2006). O solo apresenta textura argilosa, com granulometria de 624 g kg⁻¹ de argila, 311 g kg⁻¹ de limo e 80 g kg⁻¹ de areia. O clima da região, segundo a classificação de Köpen, é do tipo Cfb (Maak, 1968), com verões amenos e sem estação seca definida. Os dados meteorológicos do período experimental são apresentados na Figura 1.

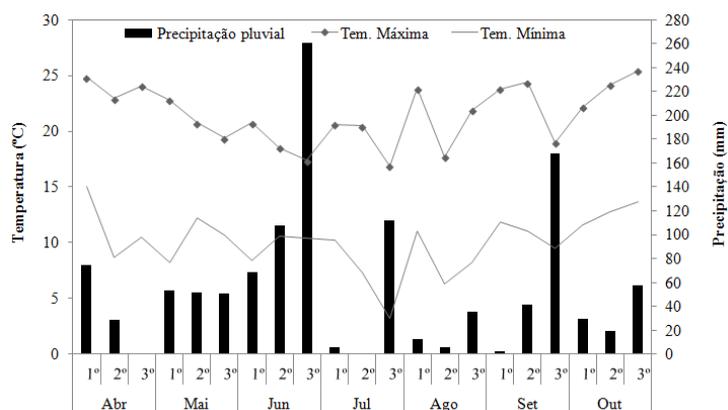


Figura 1 - Precipitação e médias decendiais de temperatura máxima e mínima durante o período de condução do ensaio

Na área do ensaio, desde há sete anos que se realiza integração lavoura-pecuária com forrageiras de inverno, aveia (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), pastoreada por ovinos e, no verão, cultivo de milho e feijão, em anos intercalados.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados num esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas (45 x 22m) foram constituídas pelos sistemas de produção (com e sem pastoreio), e nas subparcelas (11,25 x 5,5m) foram efetuados os seguintes tratamentos: T1- dose padrão de calcário recomendada pela CQFSRS/SC (2004) para elevar a saturação por bases a 70%, T2 - dobro da dose de calcário definida de acordo com o método da elevação da saturação por bases para 70 %, T3 - dose padrão de calcário associada com a aplicação de

4000 kg ha⁻¹ de gesso em superfície e T4 - dobro da dose padrão de calcário, associada com a aplicação de 4000 kg ha⁻¹ de gesso em superfície. A dose de gesso utilizada foi calculada de acordo com as recomendações de Michalovicz (2013) e as de calcário foram estimadas individualmente para cada subparcela, com base em amostras de solo colhidas na camada de 0-20 cm (Quadro 1). As análises químicas, realizadas antes da instalação do ensaio, seguiram a metodologia oficial para o Estado do Paraná (Pavan *et al.*, 1992), sendo o P extraído por Mehlich I e os parâmetros para interpretação da análise de solo apresentados no Quadro 2.

No dia 5 de julho de 2013 procedeu-se à instalação do ensaio. Fez-se sementeira direta de 80 kg ha⁻¹ de aveia-branca (*Avena sativa* L.) e 40 kg ha⁻¹ de azevém-comum (*Lolium multiflorum* Lam.), o espa-

çamento entre as linhas foi de 17 cm. A adubação de base foi de 250 kg ha⁻¹ de 0-25-25 (N, P₂O₅, K₂O) e em cobertura foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de azoto. A cultura anterior foi o feijoeiro.

Nas áreas pastoreadas utilizaram-se cordeiros da raça Ile de France em regime rotacional, com entrada dos animais sempre que a manta forrageira atingia 25 cm de altura e retirada quando a cobertura vegetal apresentava em média 15 cm, permanecendo nas parcelas por um período aproximado de 24 horas. Semanalmente eram realizadas as avaliações de altura das plantas com um bastão graduado (*Sward stick*), para determinar o momento de entrada e saída dos animais das subparcelas. Todos os tratamentos proporcionaram quatro ciclos de pastoreio que ocorreram próximos dos dias 01/07, 09/08, 02/09 e 24/09/2013.

Quadro 1 - Composição química dos solos melhorados, na camada de 0-20 cm, nas áreas com e sem pastoreio, antes da instalação do ensaio

	Pastoreio	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	Al	K	Ca	Mg	H + Al	CTC	V %	
												-----cmol dm ⁻³ -----
1*	Calcário	Com	5,35	44,30	19,90	0,05	0,87	4,42	2,43	4,78	12,48	61,62
2			5,17	44,30	12,44	0,08	0,92	4,62	2,93	4,87	13,33	62,79
3			4,86	43,96	4,87	0,00	0,54	3,59	2,75	5,33	12,22	56,09
4			5,11	42,62	16,17	0,00	0,92	4,24	3,02	4,58	12,75	63,88
1		Sem	5,08	43,63	6,94	0,20	0,92	4,02	2,89	5,05	12,88	60,71
2			4,97	43,29	11,34	0,00	0,83	3,35	3,53	5,55	13,26	58,11
3			5,33	44,23	9,69	0,00	0,87	4,46	2,78	4,16	12,27	65,94
4			5,14	44,63	13,49	0,00	0,87	4,41	2,25	4,56	12,09	62,05
1	Dobro de calcário	Com	5,18	44,63	11,62	0,12	0,84	3,88	2,60	4,87	12,19	59,72
2			4,91	45,30	7,60	0,05	0,71	3,36	2,96	5,37	12,40	56,40
3			4,85	44,63	5,75	0,00	0,72	3,12	3,34	5,85	13,03	54,82
4			5,32	44,30	12,74	0,00	0,79	4,61	2,94	4,05	12,39	67,21
1		Sem	5,13	44,30	5,40	0,00	0,43	3,90	2,38	4,77	11,47	58,34
2			5,42	44,30	13,34	0,00	0,94	4,30	3,61	4,30	13,15	67,12
3			5,18	43,63	11,49	0,00	0,99	3,88	2,58	4,72	12,18	60,70
4			5,13	47,99	2,26	0,00	0,68	3,72	3,93	5,18	13,50	61,60
1	Calcário + Gesso	Com	5,21	43,29	10,63	0,00	0,77	4,46	2,81	5,12	13,15	60,99
2			4,87	45,30	7,32	0,05	0,60	3,55	2,92	5,77	12,84	54,96
3			4,88	44,30	12,60	0,00	0,97	3,60	2,81	5,39	12,75	57,49
4			5,30	44,63	10,87	0,00	1,04	3,98	2,98	4,73	12,72	62,81
1		Sem	5,02	42,28	2,98	0,00	0,43	3,57	2,19	5,82	11,99	51,45
2			5,07	44,97	7,98	0,00	0,77	3,82	2,87	4,71	12,16	61,23
3			5,34	43,29	10,13	0,00	0,89	4,17	3,07	4,58	12,71	63,55
4			5,10	45,97	7,68	0,00	0,90	4,10	2,80	5,32	13,11	58,95
1	Dobro de Calcário + Gesso	Com	5,22	44,63	15,05	0,00	0,90	4,21	3,11	5,11	13,33	61,43
2			4,94	43,96	6,34	0,00	0,58	4,04	2,74	5,39	12,75	56,76
3			5,01	44,30	8,31	0,00	0,85	3,73	3,16	5,07	12,80	60,16
4			5,18	43,63	10,31	0,00	0,89	4,11	2,28	5,01	12,28	58,85
1		Sem	5,04	42,28	4,95	0,00	0,71	3,31	3,02	4,93	11,97	58,79
2			5,23	43,29	9,86	0,00	0,80	3,92	2,40	4,83	11,94	59,24
3			5,30	42,95	11,74	0,00	0,62	4,38	2,68	4,46	12,15	62,59
4			4,96	44,97	8,49	0,00	0,70	3,67	3,31	5,67	13,35	57,52

*Os valores 1, 2, 3 e 4 referem-se às unidades experimentais em conformidade com os respectivos tratamentos.

As variáveis avaliadas nesta experiência foram a produção de matéria seca total da pastagem (MST, kg MS ha⁻¹), produção de matéria seca residual da pastagem (MSR, kg MS ha⁻¹), teor de macro e micronutrientes na matéria seca residual da pastagem (kg ha⁻¹), taxa de acumulação de forragem (TA, kg MS ha⁻¹ dia⁻¹), taxa de desaparecimento da forragem (kg por 100 kg de peso vivo por dia), composição botânica (%) e índice de nutrição da pastagem (kg ha⁻¹).

Para a determinação da produção de matéria seca total (MST), nos tratamentos pastoreados, foi feita a medição da massa de forragem nas condições de pré e pós-pastoreio, por meio do corte, rente ao solo, das plantas contidas em dois quadrados de 0,25 m², sendo retirada uma subamostra para separação manual e avaliação da composição botânica da pastagem. As amostras após colheita foram pesadas e secas em estufa de circulação forçada de ar

Quadro 2 - Níveis de alguns componentes do solo para efeito da interpretação de resultados de análise química

Níveis	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P ----mg dm ⁻³ ----	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	V %
Muito baixo	≤5	-	≤2	≤20	-	-	-	-	<45
Baixo	5,1-5,4	≤25	2,1-4,0	21-40	<0,02	≤2	≤0,5	≤5	45-64
Médio	5,5-6,0	26-50	4,1-6,0	41-60	0,02-1,5	2,1 - 4,0	0,6-1,0	5,1-15,0	65-80
Alto	>6,0	>50	6,1-12	61-120	>1,5	>4,0	>1,0	>15	>80
Muito alto	-	-	>12	>120	-	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de SBCE (2004).

a 55°C até peso constante. A acumulação de forragem (kg MS ha⁻¹) foi calculada a partir da diferença entre a massa de forragem num pré-pastoreio e no pós-pastoreio anterior. A taxa de acumulação de matéria seca da pastagem (kg MS ha⁻¹ dia⁻¹) foi obtida pela divisão da produção de forragem pelo número de dias do período de descanso da pastagem, sendo a produção de matéria seca total, no período experimental, calculada pelo somatório da acumulação parcial de forragem em cada ciclo de pastoreio e a produção de matéria seca residual (MSR). A taxa de desaparecimento de forragem foi calculada de acordo com a seguinte equação: $TDF = [MF_{pré} + (TAFp) - MF_{pós}]/DL$, em que TDF é a taxa de desaparecimento de forragem em kg por 100 kg de peso vivo por dia; MF_{pré} é a massa de forragem no pré-pastoreio em kg ha⁻¹; TAFp é a taxa média, em kg ha⁻¹, de acumulação de forragem, durante o pastoreio; MF_{pós} é a massa de forragem no pós-pastoreio em kg ha⁻¹; DL é a densidade de encabecamento em 100 kg de peso vivo por hectare.

Para os tratamentos sem pastoreio, a avaliação da produção de matéria seca total e a determinação da composição botânica foram realizadas no final do ciclo da consorciação, tendo-se escolhidos aleatoriamente dois pontos por parcela de área 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), onde as plantas amostradas foram cortadas rente ao solo. Estas amostras, assim como as obtidas na avaliação de pré-pastoreio, foram pesadas e após secagem foram moídas em moinho tipo Willey e crivadas a 1mm para posterior análise química (para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn), pelo método sugerido por Malavolta (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e para a separação das médias, usou-se o teste Tukey com $0,05 > p \geq 0,01$, para tal recorreu-se ao software Genes (Cruz, 2006).

Resultados e Discussão

A aplicação de calcário assim como a de gesso não influenciou a produção de matéria seca da parte aérea da mistura aveia e azevém (Quadro 3). Os resultados obtidos estão de acordo com os observados por Soratto *et al.* (2008), que avaliando a influência da utilização de diferentes doses de calcário e a aplicação de gesso na implantação de um sistema de sementeira direta verificaram que apesar de ter havido melhoria das características químicas

do solo, a aplicação de calcário em superfície não afetou a produção de matéria seca da aveia-preta, tanto na presença como na ausência de gesso. Num estudo efetuado por Caires *et al.* (1999), usando as culturas de soja, trigo e milho cultivadas em sistema de rotação e num solo com acidez superior à do presente trabalho, verificou-se que a aplicação superficial de diferentes doses de calcário apenas conduziu a um aumento na produção de milho e só no tratamento com calcário associado ao gesso.

O tratamento com calcário não afetou a produção de matéria seca. Este facto pode atribuir-se, por um lado, aos médios a altos teores de nutrientes e de matéria orgânica e à conseqüente formação de complexos orgânicos solúveis, os quais exercem efeitos positivos sobre a acidez do solo (Miyazawa *et al.*, 1996), por outro lado pode estar relacionado com o tamponamento do pH, por efeito do possível excesso de calcário aplicado, especialmente nas camadas superficiais, que resultaria na diminuição da disponibilidade de micronutrientes no solo e conseqüente desequilíbrio nutricional nas plantas.

Em relação à ausência de efeito na produção de biomassa com a adição de gesso esta pode estar relacionada com a disponibilidade hídrica, já que durante o ciclo de desenvolvimento da cultura foram registrados 1186 mm de chuvas. Além disso, a pastagem foi semeada após a cultura do feijão, cujos resíduos (parte aérea e raízes) apresentam baixa relação C/N, e dessa forma, podem ter disponibilizado rapidamente os nutrientes, especialmente N, para as plantas, favorecendo o seu desenvolvimento.

É importante ressaltar que em termos de médias de produção a pastagem de aveia e azevém apresentou elevados rendimentos de matéria seca, com valores bastante superiores aos 4296 a 6505 kg ha⁻¹, encontrados por Assmann *et al.* (2004), em sistema com pastoreio contínuo no sul do Paraná, e aos 4993 kg ha⁻¹ de aveia-preta sob cortes e com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N, relatados por Moreira *et al.* (2001).

De acordo com os valores apresentados no Quadro 3, constatou-se uma influência dos sistemas de produção sobre a quantidade de matéria seca total, tendo-se registado valores significativamente mais baixos nas áreas sujeitas a pastoreio. Avaliando diferentes intensidades de pastoreio em sistema rotativo, Adami (2012) observou resultados semelhantes. Contudo, deve-se considerar que no in-

verno, nas áreas pastoreadas, além do potencial de produção animal ser superior a 300 kg ha⁻¹ de peso vivo (Nicoloso *et al.*, 2006), grande parte (70 a 95%) dos nutrientes presentes na forragem consumida retornam à pastagem na forma de dejetos, que são prontamente decomponíveis para serem utilizadas pela cultura seguinte (Haynes e Willians, 1993).

No que se refere à taxa de desaparecimento de forragem, não se verificaram diferenças significativas por efeito dos tratamentos, sendo o valor médio de 9,5 kg de MS/100 kg de peso vivo por dia. Embora o desaparecimento de matéria seca inclua, além do consumo, perdas de matéria seca por pisoteio e senescência, que não foram avaliadas, pode ser um indicativo do nível de consumo dos animais em pastoreio.

Em relação à biomassa residual (Quadro 3), os valores obtidos neste ensaio são semelhantes aos que Silveira *et al.* (2012) e Adami (2012) obtiveram, evidenciando diminuição na matéria seca residual de aveia e azevém nos tratamentos sujeitos a pastoreio, quando comparados com sistemas envolvendo forrageiras apenas para cobertura de solo. Apesar das menores quantidades médias de resíduo vegetal na presença de animais em pastoreio, deve considerar-se que nas áreas pastoreadas, além do coberto vegetal, os animais conseguem converter os nutrientes obtidos via forragem consumida em excrementos prontamente decomponíveis para ser utilizadas pela cultura seguinte.

As quantidades de matéria seca acumuladas diariamente (TA, kg ha⁻¹ dia⁻¹) (Quadro 3), mostraram

Quadro 3 - Produção de massa seca total (kg MS ha⁻¹), matéria seca residual (MSR, kg MS ha⁻¹), taxa de acumulação de matéria seca (TA, kg ha⁻¹ dia⁻¹) e taxa de desaparecimento de forragem (TDF, kg por 100 kg de peso vivo dia⁻¹) em diferentes sistemas de produção (com e sem pastoreio) e aplicações de calcário e gesso em superfície

Tratamentos	MS Total (kg MS ha ⁻¹)	MSR (kg MS ha ⁻¹)	TA (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	TDF (kg/100 kg PV dia ⁻¹)			
Aplicação de calcário e gesso							
Calcário	9817,9	4093,7	67,2	9,8			
Calcário + Gesso	8885,4	4285,6	60,1	10,4			
Dobro de calcário	9148,5	4002,5	65,6	8,3			
Dobro de calcário + Gesso	9192,3	3868,4	63,8	9,5			
Efeito	ns	ns	ns	ns			
C.V (%)	15,5	14,8	17,9	27,7			
Sistemas de Produção							
Com pastoreio	7565,8	b	1.979,1	b	57,6	b	-
Sem pastoreio	10956,3	a	6.146,1	a	71,0	a	
DMS (P=0,05)							
C.V (%)	13,0		16,2		19,6		

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey (P ≤ 5%). ns = não significativo

abe-se que a quantidade de biomassa remanescente pós-pastoreio é uma questão chave no manejo de sistemas integrados de produção, uma vez que a adição e manutenção de resíduos vegetais para a cobertura do solo é de extrema importância no aumento da infiltração e armazenamento de água no solo, diminuindo, dentro de certos limites, o escoamento superficial e a erosão hídrica, aumentando assim a segurança e sustentabilidade do sistema ao longo do tempo (Lopes *et al.*, 2009). Num trabalho efetuado por Flores *et al.* (2007), não se observaram diferenças nas características físicas do solo em áreas com pastoreio e matéria seca residual de cerca de 2000 kg ha⁻¹ de MS, não havendo prejuízos para a cultura subsequente.

o mesmo padrão de resposta observado para a matéria seca total, ou seja, os tratamentos com aplicação de calcário e gesso não apresentaram efeito sobre as mesmas, sendo evidenciadas diferenças significativas apenas entre os diferentes sistemas de produção, com a maior taxa nas áreas sem pastoreio, pois o pico de acumulação de matéria seca, nesse caso, ocorre nos meses de agosto e setembro, sendo que após este período, a taxa de crescimento diminui em função do aumento nas taxas de respiração, resultante de um acréscimo na quantidade de tecidos sem função fotossintética (senescentes), enquanto que nas áreas pastoreadas, por apresentarem uma dinâmica de perfilhamento diferenciada, supõe-se que as taxas de acumulação de M.S. se manteriam altas.

Quadro 4 - Composição botânica (%) de forragem na mistura de aveia branca (*Avena sativa* L.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) ao longo do ciclo da pastagem nos sistemas de produção (com e sem pastoreio)

Data de avaliação	Aveia (%)	Azevém (%)	Material senescente (%)
----- Com pastoreio -----			
01/07/2013	73,9 a	15,7 b	10,4 b
09/08/2013	8,9 b	68,1 a	23,0 a
02/09/2013	1,1 bc	76,7 a	22,2 a
24/09/2013	0,0 c	80,3 a	19,7 ab
C.V (%)	31,4	11,1	26,1
DMS (P=0,05)	8,4	13,8	10,1
----- Sem pastoreio -----			
31/07/2013	81,6 a	10,2 b	8,2 b
06/10/2013	0,6 b	62,9 a	36,5 a
C.V (%)	15,7	13,0	19,2
DMS	10,2	18,1	15,5

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, para o fator sistemas de produção, diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 5\%$).

Em termos de composição botânica, não se observaram diferenças significativas na predominância das espécies, em função dos tratamentos envolvendo a utilização de calcário e gesso.

Ao longo do ciclo da pastagem (Quadro 4) registaram-se diferenças significativas da composição botânica, quer para as diferentes datas de colheita quer para os sistemas de produção. No período inicial de desenvolvimento da pastagem, observou-se dominância de aveia, decorrente da sua precocidade, estrutura e disposição de folhas que promovem maior participação nas camadas mais altas de estrutura da pastagem; ao longo do período de avaliação ocorreu um decréscimo da participação da aveia e acréscimo na percentagem de azevém e material senescente. O azevém, por ter um ciclo mais longo, aparece com maior intensidade quando a aveia começa a encerrar o seu ciclo. No caso da aveia, a redução ocorreu naturalmente em função da diminuição do número de folhas na estrutura da pastagem com a maturidade das plantas (Pelegrini, 2008) em comparação com o azevém que possui um ciclo mais tardio. Além disso, deve considerar-se que durante a condução do ensaio houve um período (3º decênio de julho - Figura 1) que se caracterizou pela ocorrência de temperaturas abaixo de zero tendo ocasionado a senescência dos perfilhos da aveia, interrompendo o seu desenvolvimento antes mesmo de completar o seu ciclo de crescimento. Assmann *et al.* (2004), trabalhando com uma mistura de aveia, azevém e trevo branco, também observaram predominância da aveia apenas no início do pastoreio, reduzindo-se a sua contribuição ao longo do ciclo.

As concentrações de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas, em geral, não foram influenciadas pela aplicação de calcário e gesso em superfície, e mantiveram-se em níveis considerados normais para a cultura da aveia (Malavolta *et al.*, 1997), provavelmente devido aos teores suficientes desses nutrientes no solo. Estes resultados corroboram com os observados para outras culturas como: sorgo (Raij *et al.*, 1988), milho (Sousa e Ritchey, 1986; Caires *et al.*, 2004) e cevada (Caires *et al.*, 2001), em que também não foram obtidos efeitos da calagem no teor de nutrientes na planta. Da mesma forma, Soratto *et al.* (2008), verificaram que o gesso não exerceu influência na concentração de nutrientes na cultura da aveia-preta em anos com maior disponibilidade hídrica, apesar de elevar os teores de Ca e $S-SO_4^{2-}$ no solo, evidenciando que as maiores respostas da aveia foram sempre observadas em condições de deficiência hídrica, o que não ocorreu no presente trabalho.

De forma geral, os teores de Ca, Mg, Zn, Fe e Mn, nas áreas pastoreadas (Quadro 5), foram influenciados pelas épocas de amostragem, observando-se incrementos na acumulação desses nutrientes nas avaliações realizadas no último decênio de setembro, em relação às efetuadas no primeiro decênio de julho.

Admite-se que o pastoreio, através da desfolha, favorece a intensa renovação dos tecidos durante a rebentação, o que, provavelmente, estimula a absorção de nutrientes suprimindo as exigências da cultura e que após cada ciclo de pastoreio, determinada quantidade de biomassa é mantida, assegurando o rápido restabelecimento da cultura. Assim, pode-

Quadro 5 - Concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe e Mn acumuladas na parte aérea da pastagem de aveia e azevém, na presença de pastoreio, em quatro épocas de amostragem após a aplicação de calcário e gesso em superfície

	N	P	S	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn							
	----- (kg ha ⁻¹) -----						----- (g ha ⁻¹) -----										
01/07/2013	114,9	11,0	17,2	a	82,4	11,1	b	7,3	b	27,3	a	91,7	b	347,8	b	68,3	b
09/08/2013	134,8	13,2	32,4	a	96,6	12,1	a	12,0	a	38,9	a	142,9	ab	1742,0	ab	190,0	ab
02/09/2013	114,9	10,5	26,1	a	88,5	11,9	a	11,5	a	39,8	a	139,4	ab	1720,6	ab	219,2	ab
24/09/2013	140,0	12,8	30,9	a	89,0	12,1	a	11,7	a	43,1	a	156,2	a	2665,9	a	255,1	a
Média	126,1	11,9	26,6		89,1	11,8		10,6		37,3		132,5		1619,1		183,2	
C.V(%)	21,6	20,7	31,3		17,1	20,6		19,0		22,6		21,6		47,2		36,1	
DMS	51,9	4,7	15,9		29,2	0,7		3,8		16,0		54,7		1456,3		126,3	

* médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey (P ≤ 5%)

mos inferir que houve um aumento acumulativo desses nutrientes na pastagem com o decorrer do tempo, resultante dos teores presentes no material remanescente acrescidos das quantidades absorvidas pelas plantas durante a fase de rebentação, uma vez que a grande maioria dos nutrientes acima citados apresentam baixa mobilidade nas plantas, acumulam-se em tecidos lignificados e folhas mais velhas, os quais, por sua vez, tendem a permanecer em maiores proporções na composição do material remanescente, devido à seletividade animal e a própria morfologia da cultura.

bilidade, não sendo metabolizado na planta, pode ser facilmente removido dos tecidos vegetais pela ação das chuvas. Conforme referido por Calonego *et al.* (2005), à medida que o estado de senescência das plantas evolui, ocorre aumento na lixiviação de K dos tecidos vegetais, possivelmente devido à desorganização da cutícula, que reveste a epiderme das folhas e constitui uma barreira à penetração de água, ou ainda pela difusão do K dos vacúolos quando a palha está seca, intensificando a lavagem do nutriente (Rosolem *et al.*, 2007). Como, à medida que a cultura avançou no ciclo de desenvolvimen-

Quadro 6 - Concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe e Mn acumuladas na parte aérea da pastagem de aveia e azevém na ausência de pastoreio, em duas épocas de amostragem após a aplicação de calcário e gesso em superfície

	N	P	S	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn								
	----- (kg ha ⁻¹) -----						----- (g ha ⁻¹) -----											
31/07/2013	142,9	b	15,5	b	42,3	a	143,1	a	11,9	b	15,1	34,4	135,4	b	555,8	b	239,5	b
24/07/2013	181,2	a	18,9	a	48,9	a	102,2	b	13,6	a	15,7	48,9	212,4	a	1927,8	a	388,9	a
Média	162,1		17,2		45,6		122,7		12,8		15,4	41,7	173,9		1241,8		314,2	
C.V (%)	15,0		12,3		28,3		18,0		16,6		12,7	25,4	17,1		25,0		18,1	
D.M.S	36,2		3,1		19,1		32,6		0,7		2,9	15,7	44,1		460,4		84,4	

* Médias seguidas de letras distintas diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

Da mesma forma, as quantidades de N, P, Ca, Zn, Fe e Mn acumuladas na biomassa (Quadro 6), nas áreas sem pastoreio, foram mais elevadas, na segunda época de amostragem, mantendo-se em níveis considerados adequados às necessidades da cultura, em ambos os períodos. Para o K observam-se maiores quantidades acumuladas deste nutriente na primeira época de amostragem. Considerando que se trata de um elemento que forma ligações com moléculas orgânicas de fácil reversi-

to, se verificou um aumento das proporções de material senescente na pastagem de aveia e azevém (Quadro 4) isto pode ter conduzido à diminuição dos teores de K nas plantas.

No que se refere aos sistemas de manejo (Quadro 7), observaram-se diferenças significativas na concentração de alguns nutrientes minerais (P, Ca, Mg, Zn e Mn), registrando-se valores mais elevados no sistema sem pastoreio. Este comportamento pode

Quadro 7 - Concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe e Mn acumuladas na parte aérea da mistura forrageira de aveia e azevém em áreas com e sem pastoreio

	N P K Ca Mg S ----- (kg ha ⁻¹) -----						Cu Zn Fe Mn ----- (g ha ⁻¹) -----								
Com Pastoreio	140,0	12,8	b	89,0	12,1	b	11,7	b	30,9	43,2	156,2	b	2665,9	255,2	b
Sem Pastoreio	181,2	18,9	a	102,2	13,6	a	15,7	a	48,9	48,9	212,4	a	1927,8	388,9	a
Média	160,6	15,9		95,6	12,9		13,7		39,9	46,0	184,3		2296,9	322,0	
C.V (%)	18,7	16,9		17,9	17,5		16,7		32,6	20,4	18,3		39,7	22,5	
DMS	44,5	4,0		25,4	0,7		3,4		19,3	13,9	50,2		1354,3	107,5	

* Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 5\%$)

ser explicado pelas observações de Taiz e Zaiger (1991), pelo facto de que dentro da planta nutrientes como o Mn e o Zn são pouco móveis e o Ca ser praticamente imóvel, tendendo a concentrar-se em tecidos mais velhos, visto ser no sistema sem pastoreio que a quantidade de matéria senescente é maior (Quadro 4). Sendo assim, o aumento da produção de material estrutural na matéria seca e de compostos de reserva e, ainda, a baixa mobilidade daqueles elementos no floema com o envelhecimento dos perfilhos, explicam os maiores teores destes nutrientes nas parcelas sem pastoreio em comparação às áreas pastoreadas, onde a constante desfolha promove a intensa renovação dos tecidos. Quanto ao P e ao Mg, normalmente apresentam-se em maiores quantidades em estruturas mais jovens por serem móveis no floema. Contudo, no presente estudo, a concentração destes elementos foi também mais elevada nas áreas não pastoreadas. Sendo assim, é possível que as diferenças observadas em termos de nutrição da pastagem nos diferentes sistemas de manejo, estejam associadas às reduções nos teores de nutrientes no solo, em função do método de pastoreio adotado (rotacional).

Conclusão

Nas condições do presente estudo conclui-se que a aplicação de calcário e de gesso não afetaram a produção de matéria seca, a composição botânica da consorciação nem o teor de nutrientes na parte aérea das plantas. Pelo contrário, o facto de haver pastoreio afetou negativamente todos os parâmetros estudados, contudo, note-se que não foi tida em conta a quantidade de excrementos prontamente decomponíveis que podem ser utilizadas pela cultura seguinte.

Referências bibliográficas

- Adami, P.F. (2012) - *Intensidades de pastejo e níveis de cama de aviário em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária*. Tese de doutoramento - Universidade Federal do Paraná, Brasil. 103 p.
- Assmann, A.L.; Pelissari, A.; Moraes, A.; Assmann, T.S.; Oliveira, E.B. e Sandini, I. (2004) - Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 33, n. 1, p. 37-44.
- Caires, E.F.; Fonseca, A.F.; Mendes, J.; Chueiri; W.A. e Madruga, E.F. (1999) - Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 23, n. 2, p. 315-327.
- Caires, E.F.; Blum, J.; Barth, G.; Garbuio, F.J. e Kusman, M.T. (2003) - Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.27, n.2, p.275-286.
- Caires, E.F.; Kusman, M.T.; Barth, G.; Garbuio, F.J. e Padilha, J.M. (2004) - Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.28, n. 1, p.125-136.
- Caires, E.F.; Feldhaus, I.C.; Barth, G. e Garbuio, F.J. (2002) - Lime and gypsum application on the wheat crop. *Scientia Agricola*, vol. 59, n.2, p. 357-364. Caires, E.F.; Feldhaus, I.C. e Blum, J. (2001) - Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. *Bragantia*, vol.60, n.3, p.213-223.
- Caires, E.F.; Alleoni, L.R.F.; Cambri, M.A. e Bar-

- th, G. (2005) - Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. *Agronomy Journal*, v.97, n.3, p.791-798. n. 1, Cassol, L.C. (2003) - *Relação solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície*. Tese de doutoramento. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. 157 p.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (2006) - *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos. 399 p.
- Flores, J.P.C.; Cassol, L.C.; Anghinoni, I. e Carvalho, P.C.F. (2008) - Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 32, n. 6, p. 2385-2396.
- Flores, J.P.C.; Anghinoni, I.; Cassol, L.C.; Carvalho, P.C.F.; Leite, J.G.D.B. e Fraga, T.I. (2007) - Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 31, n. 4, p.771-780.
- Haynes, R.J. e Williams, P.H. (1993) - Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, vol. 49, n. 1, p.119-199.
- Lopes, M.L.T.; Carvalho, P. C. F.; Anghinoni, I.; Santos, D.T.; Aguinaga, A.A.Q.; Flores, J.P.C.; Moraes, A. (2009) - Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do pastoreio da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. *Ciência Rural*, vol. 39, n. 5, p. 1499-1506.
- Maak, R. (1968) - *Geografia física do Estado do Paraná*. Curitiba. 350p.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C. e Oliveira, S.A. (1997) - *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: Potafos. 319p.
- Miyazawa, M.; Pavan, M.A. e Santos, J.C.F. (1996) - Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: *International symposium on plant-soil interactions at low pH*, 4. Belo Horizonte, 1996. Abstracts. Sete Lagoas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 142 p.
- Michalovicz, L. (2013) - *Atributos químicos do solo e resposta da sucessão milho-cevada-feijão-trigo influenciados por doses e parcelamento de gesso em plantio direto*. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Centro-oeste, Brasil. 52 p.
- Moreira, F.B.; Cecato, U.; Prado, E.N.; Wada, F.Y.; Rêgo, F.C.A. e Nascimento, W.G. (2001) - Avaliação de aveia preta cv Iapar 61 submetida a níveis crescentes de nitrogênio em área proveniente de cultura de soja. *Acta Scientiarum*, vol. 23, n. 4, p. 815-821.
- Nicoloso, R.S.; Lanzanova, M.E. e Lovato, T. (2006) - Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, vol. 6, n. 6, p.1799-1805.
- Pavan, M. A.; Bloch, M. F. de.; Zempulski, H. da C.; Miyazawa, M. e Zocoler, D.C. (1992) - *Manual de análise química de solo e controle de qualidade*. Londrina: IAPAR, 40 p. (IAPAR. Circular 76).
- Pavan, M.A. (1994) - Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 16, n. 1, p.86-91.
- Pelegri, L.G. (2008) - *Eficiência da adubação nitrogenada na produção animal e vegetal em pastagem de azevém (Lolium multiflorum Lam.) na terminação de cordeiros*. Tese de doutoramento. Universidade Federal do Paraná, Brasil. 126 p.
- Quaggio, J.A. (2000) - *Acidez e calagem em solos tropicais*. Campinas, Instituto Agrônomo, 111p.
- Raij, B.; Cantarella, H.; Furlani, P.R. (1988) - Efeito, na reação do solo, da absorção de amônio e nitrato pelo sorgo, na presença e na ausência de gesso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 12, n. 1, p.131-136.
- Rheinheimer, D.S.; Santos, E.J.S.; Kaminski, J.; Xavier, F.M. (2000) - Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. *Ciência Rural*, vol. 30, n. 2, p.263-268.
- Rosolem, C.A.; Calonego, J.C.; Foloni, J.S.S.; Garcia, R.A. (2007) - Potássio lixiviado da palha de aveia-preta e milho após a dessecação química. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 42, n. 8, p.1169-1175.
- Silveira, E.R.; Pelissari, A.; Moraes, Piazzetta, H.V.L.; Lang, C.R. e Carvalho, P.C.F. (2012) - Intensidade de pastejo e adubação nitrogenada na massa seca de aveia e produtividade de milho na integração lavoura pecuária. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 33, n. 4, p. 1323-1332.

- SBCS (2004) Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – *Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10.ed. Porto Alegre, 400p.
- Soratto, R.P. e Crusciol, C.A.C. (2008) - Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes pela aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. *Ciência Rural*, vol. 38, n. 4, p. 928-935.
- Sousa, D.M.G. e Ritchey, K.D. (1986) - Uso de gesso no solo de cerrado. In: *Seminário Sobre O Uso De Fosfogesso Na Agricultura, 1986*, Brasília, DF. Anais. Brasília: Embrapa-DDT., p. 119-144.
- Taiz, L. e Zeiger, E. (1991) - *Plant physiology*. San Diego: The Benjamin/Cummings. 565 p.