

Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial

Marcelo Andreotti^{1*}, Marcelo Araldi², Vandeir Francisco Guimarães², Enes Furlani Junior³ e Salatiér Buzetti¹

¹Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Av. Brasil, 56, Centro, Cx. Postal 31, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. ²Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. ³Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócioeconomia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. Autor para correspondência. E-mail: dreotti@agr.feis.unesp.br

RESUMO. A agricultura moderna passa por mudanças profundas, com exigências de manejo mais eficientes para o sistema de produção utilizado em cada região. O trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de espécies de cobertura, em SPD, e da calagem em superfície do solo, após semeadura dessas espécies, sobre as propriedades químicas do solo e o efeito subsequente na produtividade do milho, além de determinar a biomassa seca produzida por estas espécies. O experimento foi instalado em novembro/2002 no município de Palotina, Estado do Paraná. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, num fatorial 2x6 – duas profundidades de amostragem de solo (0-10 e 10-20 cm) e seis espécies de cobertura (mucuna anã, crotalária juncea, capim moa, milheto, pé-de-galinha gigante e um mix destas espécies). Foram aplicadas 3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico em superfície, sem incorporação. As espécies de cobertura associadas à calagem em superfície proporcionaram melhoria na fertilidade do solo, principalmente na camada de 10-20 cm, destacando-se o pé-de-galinha gigante, crotalária juncea e capim moa. O pé-de-galinha gigante e a crotalária juncea apresentaram as maiores produtividades de massa seca, entretanto, o pé-de-galinha gigante reduziu a produtividade do milho. A produtividade de grãos foi superior precedida do capim moa e do mix das espécies.

Palavras-chave: adubos verdes, espécies forrageiras, teor de nutrientes, *Zea mays*.

ABSTRACT. Winter corn yield and chemical modifications in latosol as a function of covering species after lime application under no-tillage system.

Modern agriculture is undergoing profound changes, with demands for more efficient management practices in the production systems used in each area. The objectives of this study were: to evaluate the effect of different covering species on a no-tillage system; to find the results of lime application on soil surface after sowing those forage species; measure the effects on soil chemical properties and subsequent effect on corn yield; and to determine the dry matter produced by each species used. The experiment was conducted on November, 2002, in the town of Palotina, Paraná State, Brazil. A randomized block design was used, with 4 repetitions, in a 2x6 factorial scheme –two depths of soil sampling (0-10 and 10-20 cm) and six types of forage covering on the soil (*Mucuna deeringiana*, *Crotalaria juncea*, *Setaria incana*, *Pennisetum glaucum* and *Eleusine gracilis*, as well as a mix of all these species). 3 t ha⁻¹ of dolomitic limestone were applied in total surface area, without amending. The covering species associated with the surface limestone application showed improvement in soil fertility, mainly in the layer of 10-20 cm, with prominence to *Eleusine gracilis*, *Crotalaria juncea* and *Setaria incana*. *Eleusine gracilis* and *Crotalaria juncea* featured the largest dry matter production; however, the great amount of straw of *Eleusine gracilis* damaged the productivity of corn. Grain and corn straw productivity was higher when previously cultivated along with *Setaria incana* and the mix of forage species covering.

Key words: green manure, forage species, nutrient contents, *Zea mays*.

Introdução

Para ser viabilizado técnica e economicamente, o sistema plantio direto (SPD) não deve ser focado

apenas como um método alternativo de semeadura ou manejo do solo. Necessita ser tratado como um sistema de produção, abrangendo um complexo

ordenado de práticas agrícolas inter-relacionadas e interdependentes que incluem, além do não-revolvimento do solo, a rotação diversificada de culturas, o uso de plantas de cobertura para formar e manter a palhada sobre o terreno e, mais recentemente, a integração lavoura-pecuária (Muzilli, 2000). Portanto, para a consolidação e sucesso do SPD, é de fundamental importância o estabelecimento de culturas para a produção de palha, em quantidade adequada à cobertura do solo, o que se revela um problema em regiões mais quentes como o cerrado, por causa do acelerado processo de decomposição. Assim, deve-se conhecer a espécie vegetal a ser utilizada no programa de rotação de culturas, quanto à sua produção de matéria seca e tempo de decomposição, que interferem diretamente na qualidade e quantidade de palha sobre o solo.

A adubação verde é uma das técnicas indicadas para melhorar a fertilidade do solo e consiste no cultivo de vegetais e incorporação ou não de sua massa verde ao solo. A escolha do adubo verde mais adequado a cada situação é de suma importância, pois se devem conhecer as características de cada espécie de vegetal e seu potencial produtivo de matéria seca (Emater, 2002).

Embora, antes da implantação do sistema plantio direto, normalmente a incorporação de corretivos fosse prática rotineira, existe grande interesse em se implantar o SPD sem incorporação do calcário, realizando-se calagem superficial, desde o estabelecimento das plantas de cobertura (Mello *et al.*, 2003), visto que, diferentemente da maior parte da literatura, segundo Lima (2001), é possível implantar o SPD, mediante calagem na superfície, uma vez que, aos cinco meses após tal prática, foi constatada redução significativa da acidez até 40 cm de profundidade. Da mesma forma, para SPD já estabelecido e aos 12 meses após calagem superficial, Caires *et al.* (2000) verificaram grande ação do calcário no aumento de pH e na redução da acidez potencial, até 10 cm de profundidade, desaparecendo na camada de 10 a 20 cm e voltando a exercer efeito nas camadas de 20 a 40 e 40 a 60 cm, demonstrando claramente os efeitos positivos do calcário aplicado em superfície sobre a correção da acidez de subsuperfície.

Nesse contexto, um fator determinante para o sucesso do SPD é a seleção das espécies de cobertura, havendo a possibilidade de uso dessas plantas no período de primavera-verão, antecedendo as culturas principais ou de "safrinha". Acredita-se que os produtos da dissolução do calcário, associados

a ligantes orgânicos oriundos de resíduos vegetais, atuem no aumento de pH, Ca^{+2} e Mg^{+2} e na redução de H + Al. No entanto, a comparação de métodos de aplicação de calcário não tem evidenciado diferenças entre a incorporação e a deposição superficial, sobre as características agronômicas e a produtividade de um único cultivo (Caires *et al.*, 1998). Em contrapartida, Oliveira e Pavan (1996) demonstraram a viabilidade da calagem superficial, em favor da produção acumulada de grãos, em sistema de rotação e sucessão de culturas com gramíneas e leguminosas. Daí o interesse em se avaliar os efeitos de resíduos de cobertura vegetal, sem e com calagem superficial, sobre as características agronômicas e produtividade do milho "safrinha", cultivado na fase de implantação do SPD.

A aplicação de calcário, na superfície do solo, associada ao manejo de resíduos vegetais, promoveu elevação de pH, redução de Al trocável e aumento nos valores de Ca e Mg, até na camada subsuperficial (40 cm) (Pavan, 1994; Oliveira e Pavan, 1996). Vários estudos, realizados no Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), também demonstraram a eficiência de extratos vegetais na neutralização da acidez da camada subsuperficial do solo (Franchini *et al.*, 1999a e b; 2001a e b; Meda *et al.*, 1999; Cassiolato *et al.*, 1999). Neste contexto, Caires (2000) relatou vários mecanismos que podem estar envolvidos na correção da acidez de subsolos, em sistema plantio direto, pela calagem na superfície, seja com a formação e migração de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ para camadas mais profundas, ou deslocamento mecânico de partículas de calcário por meio de canais formados por raízes mortas, mantidos intactos em razão da ausência de preparo do solo, ou pela movimentação de Ca + Mg trocáveis do solo e a redução do Al trocável no subsolo, relacionadas à lixiviação por meio de complexos orgânicos hidrossolúveis, presentes nos restos das plantas. Além do mais, Caires *et al.* (2003) ainda descreveram que a elevação do pH do solo gera cargas elétricas variáveis negativas e, com isso, aumenta a retenção de cátions, dificultando a ação de neutralização da acidez do subsolo pelo calcário, sendo que os ânions, resultantes da dissolução do corretivo, são consumidos em reações com outros cátions ácidos (Al^{3+} , Mn^{2+} e Fe^{2+}). O aumento do pH, no entanto, aceleraria a velocidade de movimentação do HCO_3^- para o subsolo que, acompanhado por Ca e Mg, reagiria com a acidez.

Assim, a teoria de modificação da fertilidade do solo, por meio dos ácidos orgânicos de resíduos de plantas, com um baixo peso molecular que promove

aumento do pH do solo e dos teores de Ca, Mg e K trocáveis e decréscimo do Al (Meda *et al.*, 1999), tem sua importância, em virtude das espécies vegetais a serem utilizadas. Embora se considere que esses ácidos orgânicos tenham vida curta no solo, a sua produção ininterrupta faz com que seus ânions se tornem importantes na química do solo, por causa da alta contribuição nos sistemas agrícolas no Brasil (Calegari *et al.*, 1993; Chaves *et al.*, 1997).

Os resíduos de adubos verdes, em geral (aveia preta, nabo forrageiro, tremoço, leucena, mucuna cinza e crotalária), apresentam altas quantidades de cátions no tecido (Miyazawa *et al.*, 2000), sendo que a capacidade dos resíduos vegetais de neutralizar a acidez nos solos está relacionada à quantidade de cátions (Ca, Mg e K) e, conseqüentemente, de ânions orgânicos, em função da necessidade de manter a eletroneutralidade na planta. No entanto, a capacidade da neutralização de H⁺ do resíduo vegetal reduz com o avanço da idade da planta, em razão das reduções nas concentrações de Ca, Mg e K e compostos orgânicos hidrossolúveis, atingindo o máximo na fase de pleno florescimento (Franchini *et al.*, 1999b).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes espécies de cobertura, em sistema de plantio direto, sobre as propriedades químicas do solo e o efeito subsequente desta na produtividade do milho, bem como determinar o teor de biomassa seca produzida a partir de cada uma das espécies utilizadas.

Material e métodos

O experimento foi instalado no dia 16 novembro de 2002, em área previamente selecionada e delimitada do lote rural 42C, Gleba nº 17, imóvel rural Rio Azul Piquerooby, na linha Princesa, no município de Palotina, Estado do Paraná, com latitude 24° 39' S e longitude 53° 36' W, a 380 metros de altitude, em área de Latossolo Vermelho, em sistema plantio direto há cinco anos e com cobertura anterior de milho, com 16 m² cada parcela. Para caracterização inicial da área, foram retiradas 20 amostras simples estratificadas de solo (0-10 cm, 10-20 cm e 0-20 cm) da área, para formar uma amostra composta, sendo realizada análise

química de rotina, pelo Laboratório de Química Agrícola e Ambiental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, antes da instalação do experimento (Tabela 1).

O clima que caracteriza a região é do tipo subtropical quente úmido, Cfa, segundo a classificação de Köeppen. A temperatura média anual é de 24°C, sendo que a mínima é de 2°C e a máxima de 42°C, e as médias de precipitações pluviais, temperaturas, e umidade relativa, nos meses de condução do experimento (outubro/2002 a junho/2003) estão apresentadas na Tabela 2.

As espécies utilizadas foram mucuna anã (*Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr.) e crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), semeadas com espaçamento de 40 cm entrelinhas, capim moa (*Setaria incana* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R Br) e pé-de-galinha gigante (*Eleusine gracilis* Salisb), semeadas com espaçamento de 20 cm entrelinhas, e um mix de todas as espécies, semeado a lanço. Todas as espécies foram semeadas manualmente, contando com a ajuda de uma picareta para a abertura das linhas.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em arranjo fatorial 2x6, sendo duas profundidades de amostragem de solo (0-10 e 10-20 cm) e seis tipos de cobertura vegetal sobre o solo (mucuna anã, crotalária juncea, capim moa, milheto e pé-de-galinha, além de um mix de todas as espécies).

A caracterização química inicial do solo foi realizada em uma amostra composta total (0-20 cm) para fins de calagem (julho/agosto de 2002), a qual determinou que a dose a ser aplicada fosse de 3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT: 80%) em superfície em área total, sem incorporação. Após a aplicação do calcário, foi realizada a avaliação dos nutrientes disponíveis no solo, 90 dias após a calagem, em amostras estratificadas (0-10 e 10-20 cm), antes da semeadura das plantas de cobertura, para posterior análise da quantidade de nutrientes e da neutralização da acidez que cada espécie proporcionou (Tabela 3), sendo constatada uma grande variação por efeito da amostragem ao acaso, em relação à Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química e física da camada de 0-10, 10-20 cm e 0-20 cm, do solo utilizado no experimento, antes da calagem em superfície. Palotina, Estado do Paraná, 2003.

Profundidade (cm)	Características Analisadas														
	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V	Al %	Argila	Silte g kg ⁻¹	Arcia
0-10	7,0	28,24	4,69	5,76	0,15	0,64	6,74	1,11	8,49	14,25	59,58	1,05	141,6	487,8	370,6
10-20	2,7	27,34	4,89	5,76	0,10	0,46	6,31	0,86	7,63	13,39	56,98	0,75	107,6	283,2	609,2
0-20	6,7	23,02	4,79	5,76	0,11	0,38	5,86	1,15	7,39	13,15	56,20	0,84	---	---	---

Tabela 2. Médias de precipitações pluviárias (mm), temperaturas máxima e mínima, durante a realização do experimento, nos meses de outubro/2002 a junho/2003 (Iapar, Palotina, Estado do Paraná).

Mês	Precipitação (mm)	Temperaturas (°C)	
		Máxima	Mínima
Outubro	125	36,9	20,8
Novembro	307	35,8	19,4
Dezembro	129	31,7	20,4
Janeiro	335	30,7	18,9
Fevereiro	175	36,4	22,5
Março	79	37,1	21,3
Abril	196	33,5	18,2
Maior	73	30,4	12,2
Junho	119	28,4	4,0

Após a emergência das espécies, realizou-se o raleio das mesmas, para evitar a competição. Estabeleceu-se um padrão de 18 plantas m^{-1} de crotalária juncea, 15 plantas m^{-1} de mucuna anã e 60 plantas m^{-1} para as demais espécies. Para o mix, utilizou-se de 15 plantas m^{-1} , para a crotalária juncea, 10 plantas m^{-1} , para a mucuna anã e 50 plantas m^{-1} de mistura das demais espécies.

A amostragem da biomassa foi efetuada em 0,50 m^2 , no centro da parcela, quando cada espécie atingiu a floração, sendo que esta ficou determinada como sendo o momento em que 50% ou mais plantas estivessem com estruturas florais visíveis, desprezando-se, também, a cobertura anterior às espécies cultivadas.

No dia 2/1/2003, retirou-se uma amostra de biomassa e amostra estratificada de solo das parcelas de milho e a dessecação destas parcelas. No dia 4/1/2003, realizaram-se os mesmos processos nas parcelas de capim moa e nas parcelas de mix, pois já existiam duas espécies que estavam na floração e começariam a diminuir a matéria seca. No dia 30/1/2003, realizou-se a amostragem de biomassa e amostra estratificada de solo das parcelas de mucuna anã, crotalária juncea e pé-de-galinha gigante e a dessecação das mesmas. Essas amostras de tecido vegetal foram levadas para o Laboratório de Química Agrícola e Ambiental da Unioeste, onde permaneceram em estufa, a uma temperatura de 65°C até massa constante, e, posteriormente, foi determinada a produção de biomassa seca e teores de N e P, segundo metodologia descrita por

Tabela 3. Caracterização química da camada de 0-10 e 10-20cm do solo, após a calagem e anterior à semeadura das espécies vegetais de cobertura. Palotina, Estado do Paraná, 2003.

Profundidade (cm)	Atributos Analisados											
	P mg dm^{-3}	MO g dm^{-3}	pH $CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1}	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V	Al
						cmol dm^{-3}						%
0-10	9,2	34,2	5,00	5,76	0,00	0,36	4,97	1,56	6,89	12,65	54,47	0,00
10-20	2,5	22,6	5,06	3,35	0,00	0,17	4,44	1,07	5,68	9,03	62,90	0,00

Tedesco et al. (1995).

Foram retiradas 20 amostras estratificadas de solo (0-10 e 10-20 cm) de cada parcela, numa faixa de 40 cm, vertical ao sentido da linha de semeadura de cada espécie, a fim de que a amostra composta representasse a área como um todo, para determinação de pH, teores de P, M.O., H+Al, K, Ca, Mg e valores de SB, CTC e V%.

Para dessecação das gramíneas, utilizou-se *Glyphosate*, na dose de 6 L do p.c. ha^{-1} e para as demais espécies e no mix, utilizou-se da mesma dose de *Glyphosate*, acrescida de 2 L do p.c. ha^{-1} de 2,4 D Amina. Posterior a essa dessecação, o milho híbrido AG-9010 (híbrido simples precoce) foi semeado com uma semeadora/adubadora, no dia 03/02/2003, com uma densidade de cinco plantas m^{-1} , em espaçamento de 0,90 m entrelinhas, com quatro linhas de 4 m de comprimento por parcela. Utilizou-se 240 kg ha^{-1} da formulação 10-20-20 como adubação de semeadura e 90 kg de N ha^{-1} (uréia) em cobertura quando as plantas apresentavam 6-8 folhas. As sementes foram tratadas com *Thiamethoxam* 700 ws (70 g de p.c. por 60000 sementes).

Foi realizada a aplicação de 41 mL do p.c. ha^{-1} de 2,4-D Amina com 2,5 L do p.c. ha^{-1} de *Atrazine* + *óleo mineral*, para o controle das plantas daninhas e 24 mL do p.c. ha^{-1} de Lufenuron, para o controle da lagarta do cartucho (*Sphodoptera frugiperda*).

A colheita manual da parcela útil (duas linhas centrais, desprezando-se 1 m das extremidades como bordadura) foi realizada no dia 28/06/2003, e avaliando-se a produtividade (13% de umidade) a qual foi transformada para kg ha^{-1} , massa de palha da espiga mais sabugo em kg ha^{-1} , em função das espécies vegetais em cada parcela. A despilha e degrana de todas as espigas de cada parcela foi realizada com auxílio de um debulhador manual.

Os resultados médios de produtividade de grãos, massa de palha mais sabugo, bem como os teores médios de N, P e biomassa seca das espécies vegetais, e propriedades químicas de solo (0-10 e 10-20 cm) foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Analisando-se os dados demonstrados na Tabela 4, referente ao efeito das coberturas vegetais sobre as propriedades químicas do solo em sistema de plantio direto, verifica-se que, na camada de 0-10 cm não houve efeito significativo em nenhum dos parâmetros avaliados. Provavelmente, nesta camada, o efeito da calagem em superfície (Tabela 3) tenha sido mais significativo do que as espécies de cobertura, pois o tempo entre a semeadura e o manejo das plantas (dessecação) foi relativamente curto (90 dias). Destaque deve ser dado aos valores de P, obtidos após o cultivo das plantas de cobertura (Tabela 4) em relação ao teor oriundo do período anterior ao seus cultivos (Tabela 3). Tal fato se deve, em parte, ao efeito da calagem na disponibilização de P, uma vez que as coletas, após manejo das plantas foram realizadas com tempo maior para reação do calcário com o solo. Além do mais, o efeito de reciclagem de P promovido pelas plantas, tanto em sua parte aérea, com reflexo na camada superficial (0 a 10 cm), como pelo sistema radicular, na camada subsuperficial (10 a 20 cm), foram evidentes. Também se deve salientar que a tradagem, com trado de rosca, não foi a mais indicada para coleta de solo em SPD, uma vez que pode levar a erros amostrais, visto que o valor dos coeficientes de variação (CV), nas duas camadas amostradas, foram altos, refletindo em valores discrepantes, um vez que o P, aplicado em linha de cultivos anteriores na área, pode contaminar as amostras.

Na camada de 10-20 cm, verifica-se que o pé-de-galinha gigante resultou em aumento significativo de pH, Ca, SB e V%, em relação ao mix, sendo que, neste fator (V%), também o capim moa e a crotalária juncea exerceram tal efeito. Estes resultados são reflexos da alta produção de palha (matéria seca), como pode ser verificado na Tabela 5, pois por causa

da maior produção de matéria seca há uma maior produção de ácidos orgânicos na decomposição da palha que resulta em maior lixiviação de bases e efeito na correção do solo em profundidade, como nos resultados citados por Franchini *et al.* (1999a), Meda *et al.* (1999) e Franchini *et al.* (2001b). Além do que, maiores produções de parte aérea, normalmente, resultam, também, em grande quantidade de raízes capazes de melhorar a infiltração de água no solo, com efeito, noutro dos mecanismos de correção, pelos canais radiculares deixados intactos (Caires, 2000; Caires *et al.*, 2000).

No geral, em relação aos valores iniciais dos atributos químicos do solo (Tabela 3), antes das espécies de cobertura, houve um aumento em ambas as profundidades analisadas, posterior ao seu cultivo com a calagem em superfície (Tabela 4). O aumento da concentração de K, nas camadas superficiais do solo, estaria associado à reciclagem das espécies vegetais, em virtude da alta produção e decomposição da massa seca e ao transporte preferencial de cátions Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ para as camadas subsuperficiais, por meio da formação de complexos com ácidos orgânicos liberados dos resíduos vegetais, concordando com Miyazawa *et al.* (2003), uma vez que estes compostos têm preferencial ligação com estes cátions. A aplicação do calcário, na superfície do solo, associada ao manejo de resíduos vegetais, proporcionou o aumento do pH e do teor de Ca e Mg e diminuição da acidez potencial (H+Al) e trocável (Al³⁺), nas camadas mais profundas. Esses resultados também foram verificados, em alguns casos, por Caires *et al.* (1999), Oliveira e Pavan (1996) e Pavan (1994), em áreas em sistema plantio direto, após cinco ou mais anos, ou culturas perenes até 60 cm de profundidade.

Tabela 4. Análises químicas do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, após cultivo das espécies de cobertura e calagem em superfície, Palotina, Estado do Paraná, 2003.

Tratamentos	0 - 10 cm									
	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	H+Al	K ⁺	Ca ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Mg ²⁺ cmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V %
Milheto	23,8	30,9	5,4	4,6	0,8	6,7	2,1	9,7	14,2	67,7
Pé-de-galinha	24,4	33,5	5,5	4,7	0,7	7,0	2,1	9,8	14,6	67,4
Crotalária Juncea	15,6	32,0	5,5	4,5	0,8	7,4	2,1	10,4	14,8	69,8
Capim Moa	15,6	34,4	5,5	4,6	0,6	7,2	2,3	10,0	14,6	68,6
Mucuna Anã	15,3	34,2	5,5	4,6	0,7	7,2	2,4	10,3	14,8	69,3
Mix	26,0	32,8	5,4	4,6	0,6	6,8	2,3	9,6	14,2	67,7
CV%	48,7	7,3	3,2	12,0	22,8	6,4	13,5	6,6	4,6	4,9
10 - 20 cm										
Milheto	23,2	25,8	4,9 ab	6,0	0,6	5,8 ab	1,4	7,8 ab	13,8	56,4 ab
Pé-de-galinha	17,7	30,8	5,2 a	5,1	0,6	6,5 a	1,6	8,7 a	13,8	62,9 a
Crotalária Juncea	6,8	26,8	5,1 ab	5,0	0,6	6,1 ab	1,4	8,1 ab	13,1	61,7 a
Capim Moa	9,9	26,8	5,1 ab	5,2	0,5	6,1 ab	1,6	8,2 ab	13,4	61,2 a
Mucuna Anã	9,2	29,6	5 ab	5,7	0,6	5,8 ab	1,5	7,9 ab	13,6	58 ab
Mix	16,0	27,0	4,8 b	6,4	0,4	5,4 b	1,4	7,2 b	13,5	53 b
CV%	68,6	9,6	3,1	11,4	40,0	7,1	10,3	7,7	5,8	6,1

*médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora não-significativo, constatou-se que os maiores teores de nitrogênio foram encontrados na matéria seca da crotalária juncea (Tabela 5), concordando com os dados de Bertin *et al.* (2003), visto que esta espécie é uma leguminosa de alta eficiência na fixação de N₂. Esta espécie vegetal assim como o capim moa diferiram significativamente das outras espécies quanto à produção de matéria seca, alcançando valores superiores a 9 t ha⁻¹ e diferindo dos valores encontrados por De-Polli e Chada (1989) que foram de 1,6 t ha⁻¹ de matéria seca. Por outro lado, Bertin *et al.* (2003) encontraram maiores valores de matéria seca no milho em relação à crotalária juncea no verão.

O capim pé-de-galinha gigante foi a espécie que mais produziu fitomassa seca, juntamente com a crotalária juncea (Tabela 5), que promoveu a maior elevação do pH e do teor de Ca²⁺ e, conseqüentemente, a maior soma de bases (SB) e a maior saturação por bases (V%), na profundidade de 10-20 cm (Tabela 4). Porém, quando comparado com o mix, foi a espécie em que o milho apresentou menor produtividade. Isso pode ser atribuído ao fato de que a palha produzida por esta gramínea pode ter relação C/N superior às demais, o que comprometeu a disponibilidade do N ao milho pela imobilização microbiana do elemento, durante a decomposição do material. Resultados estes que conferem com os obtidos por Derpsch *et al.* (1985), Da Ros (1993), Aita *et al.* (2001) e Agrorgânica (2002). Além do mais, Sá *et al.* (2003) obtiveram resultados semelhantes com milho cultivado, após aveia preta.

Tabela 5. Produtividade de palha das espécies de cobertura (MS), teores de N e P na palha, produtividade do milho, produção de palha e sabugo (P + S), após cultivo das espécies de cobertura e calagem em superfície no solo em sistema plantio direto, Palotina, Estado do Paraná, 2003.

Tratamentos	MS (kg ha ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	P+S (kg ha ⁻¹)
Milheto	4776 ab	19,3	7,6	5469 ab	1406 ab
Pé-de-galinha	9331 a	19,7	5,5	3031 b	844 b
Crotalária Juncea	9154 a	21,4	5,7	4594 ab	1312 ab
Capim Moa	6500 ab	21,0	6,7	7156 a	1812 a
Mucuna Anã	3110 b	15,8	8,7	6219 a	1484 ab
Mix	6190 ab	14,0	6,1	7625 a	1859 a
CV%	33,3	21,2	27,0	23,2	22,8

*médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto à produtividade de grãos e palha mais sabugo, o capim moa e o mix de espécies foram superiores ao tratamento com pé-de-galinha gigante (Tabela 5), provavelmente porque ambas foram dessecadas anteriormente àquela espécie. No caso da decomposição do mix, a presença de leguminosas fez

com que não houvesse maiores problemas com imobilização de N, que pode ser atribuído à diminuição da relação C/N da palhada e do maior tempo de decomposição anterior à semeadura do milho, o que pode ter reduzido o seqüestro de N para a cultura, como comprovado por Calegari (2002), ao registrar que, no caso de decomposição dos resíduos de gramíneas mescladas com resíduos de leguminosas, em geral, não há problemas com imobilização do nitrogênio. Já o capim moa tem ciclo inferior a 70 dias, portanto, menor relação C/N quando comparado com outras gramíneas.

Conclusão

O cultivo de espécies de cobertura associadas à calagem em superfície proporcionaram melhoria na fertilidade do solo, principalmente na camada de 10-20 cm, com destaque para o pé-de-galinha gigante.

O pé-de-galinha gigante e a crotalária juncea apresentaram as maiores produções de matéria seca por hectare, entretanto, a grande quantidade de palha do pé-de-galinha gigante foi prejudicial à produtividade do milho.

A produtividade de grãos e palha da espiga do milho foi superior, quando do cultivo anterior com o capim moa e o mix de espécies de cobertura vegetal, em relação ao pé-de-galinha gigante.

Referências

- AGROORGÂNICA 2002. Disponível em: <<http://www.agroorganica.com.br/adubosverdes.htm>>. Acesso em: 15 out. 2002.
- AITA, C. *et al.* Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio para o milho. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.
- BERTIN, E.G. *et al.* Avaliação de plantas de cobertura utilizadas em pré-safra ao milho em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.
- CAIRES, E.F. Calagem e aplicação de gesso no sistema de plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 2000, Ponta Grossa. *Anais...* Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000. p. 95-121.
- CAIRES, E.F. *et al.* Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 27-34, 1998.
- CAIRES, E.F. *et al.* 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. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 315-327, 1999.

- CAIRES, E.F. *et al.* Calagem na superfície em sistema plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.
- CAIRES, E.F. *et al.* Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.
- CALEGARI, A. Uso de rotação de culturas e plantas de cobertura. *A Granja*, Campinas, v. 643, p. 41-43, 2002.
- CALEGARI, A. *et al.* *Adubação verde no sul do Brasil*. Rio de Janeiro: Assessoria de Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993.
- CASSIOLATO, M.E. *et al.* A laboratory method to estimate the efficiency of plant extract to neutralize soil acidity. *In: CONGRESO LATINO AMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO*, 14., 1999, Temuco. *Resumos...* Temuco: SLACS, 1999. p. 361.
- CHAVES, J.C.D. *et al.* Input of dry matter and nutrients to the soil from cover plants cultivated between rows of perennial crops and their effects on soil reaction. *Arq. Biol. Tecnol.*, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 47-55, 1997.
- DA ROS, C.O. *Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto*. 1993. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.
- DE-POLLI, H.; CHADA, S.S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 287-293, 1989.
- DERPSCH, R. *et al.* Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 20, n. 5, p. 761-773, 1985.
- EMATER. 2002. Disponível em: <<http://www.emater.df.gov.br/grsadubverd.html>>. Acesso em: 15 out. 2002.
- FRANCHINI, J.C. *et al.* Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 533-542, 1999a.
- FRANCHINI, J.C. *et al.* Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 10, p. 2267-2276, 1999b.
- FRANCHINI, J.C. *et al.* Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. *Plant Soil*, Madison, v. 231, n. 1, p. 55-63, 2001a.
- FRANCHINI, J.C. *et al.* Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 357-360, 2001b.
- LIMA, E.V. *Alterações dos atributos químicos do solo e resposta da soja à cobertura vegetal e à calagem superficial na implantação do sistema de semeadura direta*. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- MEDA, A.R. *et al.* Plant extracts to improve acid soil chemistry. *In: CONGRESO LATINO AMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO*, 14., 1999, Temuco. *Resumos...* Temuco: SLACS, 1999. p. 360.
- MELLO, J.C.A. *et al.* Alteração de atributos químicos de um Latossolo Distroférico devido à granulometria e doses de calcário em sistemas de plantio direto e convencional. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 553-561, 2003.
- MIYAZAWA, M. *et al.* Resíduos vegetais: influência na química de solos ácidos. *In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO*, 1., 2000, Ponta Grossa. *Anais...* Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000. p. 82-94.
- MIYAZAWA, M. *et al.* Alterações químicas do perfil do solo pela calagem na superfície. *In: CONGRESO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 29., 2003, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.
- MUZILLI, O. A fertilidade do solo no sistema plantio direto: bases para o manejo sustentável. *In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO*, 1., 2000, Ponta Grossa. *Anais...* Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000. p. 1-17.
- OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. *Soil Till. Res.*, The Hague, v. 38, n. 1, p. 47-57, 1996.
- PAVAN, M.A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, v. 16, n. 1, p. 86-91, 1994.
- SÁ, J.C.M. *et al.* Desenvolvimento radicular e extração de nutrientes de híbridos de milho afetado por níveis de palha em plantio direto. *In: CONGRESO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 29., 2003, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.
- TEDESCO, M.J. *et al.* *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5).

Received on February 01, 2006.

Accepted on September 13, 2007.