



Resíduo líquido da indústria de enzimas e sua interação solo-planta

Evaluation of soil-plant interactions resulting from the use of a commercial brand of industrial wastes

Luís Fernando Roveda^[a], Antonio Carlos Vargas Motta^[b], Edhna Genar Feliciano Maftum^[c], Eliziane Luiza Benedetti^[d], Gilvano Ebling Brondani^[e], Jair Alves Dionísio^[f], Juarez Gabardo^[g], Ida Chapaval Pimentel^[h], Vânia Aparecida Vicente^[i]

^[a] Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, Professor adjunto da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: lfroveda@uol.com.br

^[b] Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor associado da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: mottaacv@ufpr.br

^[c] Engenheira-agrônoma, consultora especialista em Gestão Ambiental, Curitiba, PR - Brasil, e-mail: edhna@brturbo.com.br

^[d] Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), Canoinhas, SC - Brasil, e-mail: elibettiagro@yahoo.com.br

^[e] Engenheiro florestal, doutor em Ciências, professor permanente da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, MT - Brasil, e-mail: gebrondani@yahoo.com.br

^[f] Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, professor associado da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: jair@ufpr.br

^[g] Engenheiro-agrônomo, professor adjunto da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: jgabardo@ufpr.br

^[h] Engenheira-agrônoma, doutora em Processos Biotecnológicos, professora associada da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: ida@ufpr.br

^[i] Bióloga, PhD em Taxonomia Molecular, professora adjunta da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: vicente@ufpr.br

Resumo

O reaproveitamento de resíduo industrial de baixo potencial contaminante na agricultura é uma importante opção de disposição final, com vantagens ao meio ambiente. Objetivando avaliar o potencial agrônômico do NovoGro[®], resíduo resultante da fermentação microbiana da produção de enzimas (proteases), montou-se um experimento em uma pequena propriedade do município de Araucária (PR), em cambissolo cultivado sob plantio convencional. Foram realizados dois tratamentos (com e sem a adição de 50 m³ de resíduo), este aplicado na superfície quando da implantação do experimento. Avaliaram-se os efeitos no solo em relação aos seguintes parâmetros: pH CaCl₂, H + Al, P, K, Ca, Mg e V% em 4 diferentes profundidades e em três épocas de coletas de solo. Avaliaram-se ainda os efeitos em três culturas sucessivas: feijão (*Phaseolus vulgaris*), aveia-preta (*Avena strigosa*) e milho (*Zea mays* L.). O delineamento foi em blocos ao acaso com seis repetições, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5%. Aumentos no pH, Ca, Mg, P, V% e

quedas no H + Al foram observados no solo após a aplicação do tratamento. Não houve efeito do NovoGro® sobre nenhum dos parâmetros avaliados na cultura do feijão e no milho. Efeito pronunciado da aplicação foi obtido sobre a aveia, com aumento médio de 1000 kg ha⁻¹ de matéria seca, sugerindo um efeito residual no solo de aproximadamente 4 meses após a aplicação.

Palavras-chave: Acidez. Feijão. Plantas de cobertura. Aveia-preta.

Abstract

*Industrial wastes with low contaminating potential in the agriculture represents an option for final disposal, with benefits to environment. Field experiments were done to evaluate the potential use of a commercial brand of industrial wastes (NovoGro®), which are the residues from enzymes (proteases) produced through microbial fermentation. A small-scale experiment was conducted in a farm located at the municipality of Araucária (Paraná, Brazil) using cambisol under a conventional tillage. Two treatments were performed. The first treatment included the addition of 50 m³ of NovoGro® on the soil surface, and no residuals were applied on the soil in the second. The effects of the treatment on soil chemistry were evaluated by measuring the pH, CaCl₂, H + Al, P, K, Ca, Mg and V 4% in three different depths and seasons. The effects of those treatments on three successive crops were also evaluated: beans (*Phaseolus vulgaris*), oats (*Avena strigosa*) and corn (*Zea mays*). Experimental design included randomized blocks with six replicates, and mean yields of each crop compared by Tukey test at 5%. It were observed increases in pH, Ca, Mg, P, V% and decreases in H + Al in the soil after the treatment. NovoGro® had no effect in any of the parameters evaluated considering the culture of beans and corn. However, there was significant yield improvement for oats, with an average increase of 1000 kg ha⁻¹ in dry matter, suggesting a residual effect on soil that remains for approximately 4 months after the application.*

Keywords: Acidity. Bean. Cover crop. Black oat.

Introdução

A reciclagem agrícola de resíduos industriais destaca-se tanto como forma de reduzir a pressão sobre a exploração dos recursos naturais, como para evitar opções onerosas de destino final, envolvendo também impactos negativos ao ambiente. Os resíduos podem ser reaproveitados como fonte de nutrientes, substituindo em partes a adubação mineral, desde que com baixas concentrações de metais pesados e ausência de patógenos (TRANIN; SIQUEIRA; MOREIRA, 2005).

Assim, enquadrada na legislação de aplicação de resíduos, a utilização de águas residuárias pode apresentar efeitos positivos na fertilidade do solo, como, por exemplo, na criação de suínos que ocasionou aumentos nas concentrações de Ca, K e P, e ainda nos resultados da produção de milho e aveia (FREITAS et al., 2004). Ao estudar o efeito da

utilização de água residuária da indústria de enzimas, após tratamento, em um Argissolo, Cavallet et al. (2006), em experimentos de campo, observaram melhoria da fertilidade do solo com elevação do pH, quedas nas concentrações de Al, o que resultou em aumento da produtividade do milho. Estes efeitos também são citados por Medeiros et al. (2005) com a utilização de águas residuárias de origem doméstica. Freitas et al. (2005) citam os aumentos nos níveis de P, K, Na, Ca, Mg após aplicação de água residuária da suinocultura.

O NovoGro® provém da produção de enzimas (proteases) da indústria Novozymes Latin America Ltda. Possui na sua constituição nutrientes, principalmente o N, P, K, Ca e Mg, além de micronutrientes. Além disso, apresenta poder de neutralização da acidez, que ocorre pelo fato de o NovoGro® ser tratado com cal hidratada para a inativação de microrganismos presentes no material. Com isso, o

NovoGro® possui características que podem promover uma melhoria nas características químicas do solo.

Diante do exposto, buscou-se avaliar os efeitos da aplicação do NovoGro® nos aspectos químicos de um Cambissolo em diferentes profundidades, no rendimento do feijão, milho e aveia e no estado nutricional do feijão e da aveia.

Materiais e métodos

O experimento foi instalado em janeiro de 2005 no município de Araucária (PR) na propriedade da família Deda, pequeno produtor da região. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao tipo Cfb. A área apresenta relevo suave ondulado (declividade de 3 a 8 %), com altitudes variando entre 860 e 940 m (IAPAR, 2000). O solo do local foi classificado como Cambissolo Háplico Tb Distrófico (EMBRAPA, 2006).

A área era manejada sob plantio convencional (PC) e foi dividida em seis blocos de 28 × 90 m cada, e cada bloco continha duas parcelas de 14 × 90 m com dois metros laterais de bordadura. A largura de 14 m permitia duas passadas com o aplicador.

Foram realizados dois tratamentos, um testemunha e outro com a adição de 50 m³ ha⁻¹ do NovoGro®, em uma única aplicação. A dose de 50 m³ foi definida por ser aquela que é normalmente aplicada pela indústria nas áreas agrícolas da região. O resíduo líquido NovoGro® utilizado foi oriundo do substrato da fermentação microbiana da produção de enzimas proteases e da inativação com cal hidratada. Suas características químicas são: pH (CaCl₂) 12,9; Densidade (g cm⁻³) 1,02; Umidade total (%) 87,3; Relação C/N totais 87,3; Matéria orgânica total (g dm⁻³) 2,96; Macronutrientes em g kg⁻¹: N 6,51; P 4,43; K 0,3; Ca 17,4; Mg 10,7; S 0,44; Na 1,18; Cl 1,26, e Micronutrientes em mg kg⁻¹: B 6,3; Cu 3,7; Fe 137; Mn 20,1 e Zn 9,1, sendo realizadas conforme a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

O NovoGro® foi retirado do reservatório da indústria Novozymes Latin América Ltda., localizada em Araucária (PR), por caminhões-tanques, nos quais esteve estocado por duas semanas. Após ser transportado até o local de aplicação, foi transferido para um tanque de 5 m³, acoplado ao trator, sendo

distribuído com aplicador tipo leque, sob pressão, com raio de ação de aproximadamente 7 m.

Antes da aplicação foi realizada coleta de solo, para fins de avaliação das propriedades químicas dos solos, estas foram: pH (CaCl₂) 5,9; pH SMP 6,6; Argila 469,8 g kg⁻¹; Al, H + Al, Ca, Mg, K e SB em cmol_c dm⁻³ de 0; 4,1; 2,0; 0,25; 6,3, respectivamente; P e C em mg dm⁻³ de 22 e 21, e V% de 67. Micronutrientes em mg dm⁻³ de Zn 7,7; Cu 1,7; Mn 61; Fe 82; B 0,22. As análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Marques e Motta (2003).

Realizaram-se avaliações de parâmetros de fertilidade do solo coletando-se amostras nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm. Foram realizadas 3 coletas de solo após a aplicação do NovoGro® com um intervalo de quatro meses cada, sendo que a primeira coleta foi realizada em 07/06/2005, com amostras apenas das profundidades de 0-10 e 10-20 cm; na segunda (07/10/2005) e terceira (07/02/2006) coletas foram amostradas as quatro profundidades. Todas as amostras foram compostas de 15 amostras simples por parcela. Foram realizadas determinações químicas de fósforo (P) Mehlich - 1, potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio trocável (Al) por solução de KCl e pH CaCl₂, conforme o descrito em Marques e Motta (2003).

Após 20 dias da aplicação (27/02/2005) foi semeado o feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar IPR Graúna, com espaçamento 0,5 m entre linha e 12 plantas por metro linear. A cultura recebeu na semeadura 270 kg ha⁻¹ de fertilizante 08-20-20.

Para as avaliações foram coletadas aleatoriamente nas parcelas um total de 12 plantas. No estágio V4 coletaram-se as folhas, que foram lavadas, secas e enviadas para análise química. No estágio R9 coletaram-se os grãos para avaliação da produtividade.

Após a colheita do feijão, em maio de 2005, o solo foi revolvido com uso de arado de disco. No dia 13/07/2005, foi realizada a semeadura de aveia-preta (*Avena strigosa*) cultivar crioula, utilizando-se cerca de 175 kg ha⁻¹ de semente. Para avaliação da cultura de inverno foram coletadas amostras na fase de plena floração, sendo coletadas aleatoriamente 4 amostras de 0,25 m², selecionadas aleatoriamente dentro de cada parcela. Foi ainda retirada uma amostra para análise foliar. O rendimento de matéria seca da aveia foi realizado em balança de

precisão após a secagem em estufa a 60 °C até atingir peso constante.

O milho (*Zea mays* L.) foi semeado no dia 12/11/2005, utilizando-se a cultivar Pioneer 30F53 sobre a cobertura de inverno dessecada, sem adubação de base nem de cobertura. Foram feitas avaliações de número e peso de espigas e da produtividade. As amostras de espigas foram coletadas aleatoriamente nas parcelas através de quatro pontos de 2,5 m lineares na linha de plantio, totalizando 10 m lineares por parcela. Em seguida, foram contadas, pesadas e debulhadas para obtenção da produtividade.

Os manejos adotados no preparo do solo, adubação, plantio e manejo das culturas foram realizados pelo produtor, conforme recomendação da Emater.

Avaliaram-se os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn e B no feijão e na aveia, segundo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas. As análises foram feitas para cada coleta individualmente, uma vez que nem sempre se consideraram as quatro profundidades. Quando as médias dos dados da Anova se mostraram significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados

A análise química do solo antes da aplicação do tratamento indica que os valores dos parâmetros pH, Ca, Mg, P e K apresentam-se entre níveis médios e altos no solo, segundo a interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004).

Análises dos dados indicam que não houve interação entre a profundidade de coleta e a aplicação de NovoGro® nos parâmetros avaliados do pH e H + Al (Tabela 1). Independentemente dos tratamentos, os valores de pH encontrados foram elevados segundo a interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004).

Como já eram esperados, os valores de pH foram maiores em superfície; no entanto, para o H + Al foram maiores em profundidades.

Para os elementos Ca e Mg no solo, observou-se para todas as coletas (Tabelas 2 e 3) concentrações inferiores em profundidade. Na primeira coleta (Tabela 2), constatou-se a interação entre profundidade e aplicação do NovoGro®, que resultou na elevação do teor disponível de Ca e Mg na camada entre 0 e 10 cm.

Tabela 1 - Análises químicas do pH CaCl₂, H + Al, Ca e Mg das coletas de solo um, dois e três nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm, seguido da média das quatro profundidades

Prof.	pH CaCl ₂			H + Al			Ca		Mg	
	-----cmol _c dm ⁻³ -----									
	Coletas									
	1	2	3	1	2	3	2	3	2	3
Médias dos tratamentos										
0 - 10	6,4 a	5,8 a	5,8 ab	2,7 b	3,1 b	2,6 c	4,2 a	4,0 a	1,6 a	1,7 a
10 - 20	5,7 b	5,4 ab	5,9 a	3,4 a	3,7 a	3,0 b	3,2 b	3,8 a	1,3 ab	1,6 a
20 - 40	-	5,1 bc	5,6 b	-	4,0 a	4,3 a	2,3 c	3,0 b	1,1 bc	1,3 b
40 - 60	-	5,0 c	5,0 c	-	4,2 a	4,0 a	1,4 d	1,8 c	0,8 c	0,7 c
Médias das 4 profundidades										
COM	6,1	5,4	5,7 a	3,1	3,6	3,4 b	2,9	3,3	1,3	1,5 a
SEM	5,9	5,3	5,4 b	3,0	3,9	3,6 a	2,6	3,0	1,2	1,3 b
CV (%)	5	7	5	16	14	12	18	21	21	18

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Ausências de letras não diferem, letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. As letras indicam significância por colunas.

Para as médias das profundidades nas coletas 2 e 3 (Tabela 3) não se observaram diferenças para o Ca. Já para o Mg houve diferença nas médias das profundidades na terceira coleta, com valores superiores no tratamento que recebeu a aplicação.

Para o P observou-se (Tabela 3) que este elemento apresentou um gradiente de concentração em profundidade de nível muito alto na profundidade entre 0 e 10 cm, até muito baixo na camada entre 40 e 60 cm, segundo interpretação da Comissão de Química Fertilidade de Solo - RS/SC (2004). Verificou-se que, mesmo com a aplicação,

ocorreram decréscimos nas camadas abaixo de 20 cm.

Para o K não se verificou interação entre a profundidade e a aplicação do NovoGro® em nenhuma das coletas realizadas. Mas diferentemente do P, as quantidades aplicadas de K por meio do NovoGro® (15 kg ha⁻¹) foram baixas. Para o K observou-se uma maior concentração (Tabela 3) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, consideradas médias a altas, e concentrações médias a baixas nas camadas de 20-40 e 40-60 cm (Tabela 3), conforme a interpretação da Comissão de Química Fertilidade de Solo - RS/SC (2004).

Tabela 2 - Análises químicas da interação profundidade e aplicação do NovoGro® da coleta 1 nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm

Profundidade	Coleta 1					
	Ca			Mg		
	cmol _c dm ⁻³					
	COM	SEM	MÉDIA	COM	SEM	MÉDIA
0 - 10	5,5 Aa	4,5 Ba	5,0 a	2,7 Aa	1,9 Ba	2,3 a
10 - 20	3,5 Ab	3,8 Aa	3,6 b	1,7 Ab	2,0 Aa	1,8 b
MÉDIA	4,5	4,1		2,2	2,0	
CV (%)		15,88			25,5	

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Ausências de letras não diferem, letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras maiúsculas para linhas e minúsculas para colunas.

Tabela 3 - Análises químicas de P, K e V% das coletas de solo 1, 2 e 3 nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm, e média das quatro profundidades

Profund.	P (mg dm ⁻³)			K (cmol _c dm ⁻³)			V(%)		
	Coletas								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Médias dos tratamentos								
0 - 10	35 a	30 a	30 a	0,37 a	0,26 a	0,21 a	74 a	66 a	65 a
10 - 20	18 b	12 b	24 a	0,19 b	0,13 b	0,14 b	62 b	55 b	64 a
20 - 40	-	4,6 bc	10 b	-	0,15 b	0,06 c	-	46 c	53 b
40 - 60	-	1,1 c	3,6 b	-	0,05 b	0,03 d	-	36 d	36 c
	Médias das 4 profundidades								
COM	30	13	20 a	0,29	0,17	0,12	53	58 a	
SEM	22	10	13 b	0,27	0,13	0,11	49	51 b	
CV (%)	42	61	41	10	61	20	12	12	

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Ausência de letras não difere, letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%. As letras indicam significância para colunas.

Para o V%, observou-se o decréscimo dos valores em profundidade, isto é devido provavelmente ao observado principalmente para o Ca e o Mg. A saturação por bases (V%) (Tabela 5) mostrou resultados semelhantes ao Mg, em que se constatou interação entre profundidade e aplicação do NovoGro® na primeira coleta na camada de 0 a 10 cm, e aumentos na terceira coleta (Tabela 4), na análise das médias das quatro profundidades.

Tabela 4 - Rendimento do feijão, aveia e milho após a aplicação do NovoGro®

Tratamento	FEIJÃO	AVEIA	MILHO
	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Matéria seca em (kg ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
COM	2.971	3.098 a	6.786
SEM	3.022	2.132 b	6.991
CV (%)	12	21	27

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Resultados com ausência de letra não diferem, letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

O rendimento obtido para o feijão foi alto (Tabela 4), e não houve resposta para o feijão com a aplicação do NovoGro®. Ao contrário da cultura do feijão, a cobertura de inverno, aveia-preta, foi afetada (Tabela 4) pelo uso do NovoGro® com um aumento médio de 966 kg ha⁻¹, o que equivale a um aumento do rendimento em aproximadamente 45% na área

que recebeu o NovoGro®. Assim como para o feijão, o milho também não apresentou respostas à aplicação do NovoGro®.

A análise química de tecido foliar mostrou quedas de Mn para o feijão e de Cu para a aveia; o restante dos elementos químicos não mostrou variações.

Discussão

Os altos valores encontrados no solo para pH, Ca, Mg, P e K (Tabela 1) indicam um solo com longo tempo de utilização, bem como o uso elevado de fertilizantes e corretivos. Os altos valores de pH em superfície e H em profundidade estão provavelmente relacionados à aplicação e incorporação superficial dos corretivos e à baixa mobilidade dos corretivos da acidez. Considerando que, neste caso, a incorporação com grade foi de aproximadamente 20 cm, não houve efeito corretivo nas camadas mais profundas, mesmo a partir da terceira coleta (Tabela 1), pelo fato de que os corretivos penetram muito lentamente em camadas mais profundas, devido à baixa solubilidade, o que dificulta a correção da acidez e o transporte de nutrientes em profundidade (MALAVOLTA, 1989).

Segundo Ramos (1996), a elevação do pH em profundidade pode ocorrer através de um longo período de utilização agrícola e com uso de doses elevadas. Para o pH (CaCl₂) e H + Al apenas na coleta 3, na análise de médias das quatro profundidades, foram observadas diferenças com valores maiores para o pH e menores para o H + Al com a aplicação

Tabela 5 - Análises químicas de macro e micronutrientes do tecido vegetal de feijão e aveia-preta após a aplicação do NovoGro®

Culturas	Tratam.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
		-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----			
FEIJÃO	Com	31	2,9	22	41	11	527	95 b	27	8,3	33,2
	Sem	29	3,0	24	45	10	582	117 a	27	8,3	34,2
CV (%)		10	13	1,4	10	25	28	12	16	14	15
AVEIA	Com	22	2,7	35	5,0	2,3	67	81	23	5,5 b	5,0
	Sem	22	2,4	35	5,2	2,2	94	102	23	6,2 a	4,6
CV (%)		9	13	6	14	8	26	24	17	6	34

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Resultados com ausência de letra não diferem, letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

de NovoGro®. É provável que o NovoGro® tenha adicionado elementos que possam apresentar reações ácidas, como nitrificação, o que pode ter afetado a elevação do pH na fase inicial. Caires, Banzatto e Fonseca (2000) relataram que o tempo de reação do calcário aplicado pode variar em função das doses, adubação, tipo de solo, manejo de resíduos culturais, reatividade do corretivo e ainda da pluviosidade. Os mesmos autores observaram grande efeito da calagem superficial até 10 cm de profundidade somente após 12 meses, sendo que sua máxima reação ocorreu de 28 a 30 meses após sua aplicação. Mas, uma reação lenta com uso da NovoGro® **não era esperada**, visto que a cal hidratada pode reagir rapidamente com o solo (RAIJ, 1984).

Ainda assim, a quantidade de corretivo adicionada em 50 m³ do NovoGro® foi pequena, visto que Cavalett et al. (2006), trabalhando também com água residuária da produção de enzimas, relatou aumento do pH e quedas no H + Al no tratamento com a maior dose aplicada, sendo esta 6 vezes superior (320 Mg ha⁻¹). Freitas et al. (2004), e Soares e Barros, Amaral e Lucas Jr. (2003) ainda observaram que os valores de pH permaneceram inalterados com a adição de águas residuárias da suinocultura, sendo que as águas apresentavam pH próximo a 8.

As baixas concentrações de Ca e Mg em profundidade estão ligadas provavelmente ao baixo transporte destes elementos em profundidade principalmente do Ca (MALAVOLTA, 1989). Foram aportados ao solo nos tratamentos com a aplicação do NovoGro® quantidades de Ca e Mg equivalentes a 850 e 533 kg ha⁻¹, respectivamente.

As diferentes concentrações entre o Ca e o Mg nas coletas 2 e 3 estão relacionadas aos aportes de Ca e Mg ocasionados pela aplicação do NovoGro®, e para a terceira coleta, uma maior solubilidade do Mg em relação ao Ca. Cavalett et al. (2006) não observaram aumentos do Ca, já para o Mg observaram aumentos em relação à testemunha.

O gradiente na concentração do P no solo está relacionado ao não revolvimento do solo pela grade aradora e sua baixa mobilidade no perfil (SÁ, 1999). As quantidades aplicadas ao solo de P pelo NovoGro® foram de aproximadamente 220 kg ha⁻¹, sendo que estas doses são consideradas altas para as culturas, mesmo em solos com baixos teores deste elemento, conforme a recomendação da Comissão de Química Fertilidade de Solo - RS/SC

(2004). Os resultados observados para o P não mostraram interação entre a profundidade e a aplicação do NovoGro® (Tabela 3); no entanto, indicou diferenças na coleta 3, na análise das médias das quatro profundidades, nas quais foram observados valores superiores nos tratamentos com a aplicação do NovoGro®, o que indicou uma maior disponibilidade do elemento após um ano de sua aplicação. A elevação no teor disponível de P era esperada, de acordo com as altas doses adicionadas. Cavalett et al. (2006), ao aplicarem água residuária, verificaram uma melhor disponibilidade do P no solo somente com doses acima de 160 Mg ha⁻¹.

A não interação do K entre profundidade e aplicação e diferenças na média entre profundidade pode indicar uma grande ciclagem pelas plantas, o que determina uma pequena perda pela lixiviação do K a maiores profundidades. Reforçando os resultados aqui obtidos, Cavallet et al. (2006), ao aplicarem a água residuária, não observaram alteração nas concentrações de K no solo, nem mesmo na maior dose aplicada. Freitas et al. (2004) constataram aumentos dos níveis de K no solo com a aplicação de águas residuárias de suinocultura, aplicando quantidades equivalentes a uma lâmina de água superior a 150 mm, e as concentrações de K na água variaram de 533 a 715 mg L⁻¹.

Os baixos valores de V% em profundidade foram provavelmente influenciados pelo Ca e Mg observados anteriormente, sendo que estes também apresentaram baixa elevação em profundidade. Segundo Cavallet et al. (2006), aumentos no V% foram constatados com a aplicação de águas residuária da produção de enzimas.

A produtividade do feijão superou a média estadual do período (safra 04/05) que foi de 685 kg ha⁻¹, segundo a Seab/Deral (2006), indicando que as condições de clima, manejo e fertilidade foram adequadas. A ausência de resposta da cultura à aplicação do NovoGro® está relacionada à alta fertilidade do solo utilizado, o qual apresentava teores de nutrientes em níveis médios e altos, segundo a interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004). Além disso, foi utilizada adubação mineral (NPK) na semeadura, o que pode ter contribuído para a ausência de resposta. Ausências de resposta à adubação em solos com alta e média fertilidade foram relatadas por Mallarino (1997), para a cultura do feijão.

As respostas encontradas para a cultura de inverno sugerem que parte dos nutrientes aplicados pelo NovoGro® no solo tenha liberação lenta e/ou grande efeito residual, assim como foi o resultado obtido por Rocha et al. (2004) com biossólido. Como a análise química do solo, antes da aplicação do NovoGro®, indicou elevados teores de P, K, Ca e Mg, sugere-se que o grande efeito obtido não está associado a estes elementos, mas sim ao N. As doses de N adicionadas à cultura do feijão via NovoGro® foram, em geral, superiores às normalmente recomendadas para a cultura. Embora seja um elemento de grande mobilidade, efeitos residuais da adubação mineral aplicada em doses elevadas têm sido observados de uma cultura para outra (ASSMANN, 2002). Ainda assim, o N tem sido o nutriente com maior efeito no crescimento da aveia, e aquele que frequentemente mais limita a sua produção de fitomassa (DERPSCH; SIDIRAS; HEINZMANN, 1985). Gomes Filho et al. (2001) observaram aumentos na produção de aveia em tratamentos hidropônicos com água residuária da suinocultura.

A produtividade média do milho (Tabela 4), mesmo sem a adição do tratamento, ultrapassou a produção média estadual que é de 5,1 Mg ha⁻¹, segundo a Seab/Deral (2006), sem nenhuma adubação na semeadura, reafirmando as boas condições de fertilidade do solo. Assim, o milho já não usufruiu o efeito residual da aplicação do NovoGro®. Cavallet et al. (2006) observaram aumentos na produção de milho cultivado logo após aplicar água residuária da produção de enzimas.

Para o Mn no feijão, os menores teores podem estar ligados ao fato de o NovoGro® possuir alto pH, o que ocasiona pequenas variação iniciais no pH do solo e pode indisponibilizar, principalmente, o Mn (MOTTA et al., 2007). As concentrações de N, P, Ca, Mg, K, B, Zn, B e Cu encontraram-se com valores médios a altos para a cultura (PAULETTI, 2004), e não mostraram variações com a aplicação do NovoGro®.

Já os menores teores de Cu na aveia, mesmo com o aumento na produção, pode estar ligado a um efeito de diluição, visto que a quantidade de matéria seca produzida com a aplicação do NovoGro® foi superior ou pode ainda estar ligada à alta quantidade de N fornecida pela aplicação do NovoGro®, uma vez que Senesi et al. (1989) citam que altas doses de N em biossólidos podem induzir condições de carência de Cu para as plantas. Martins et

al. (2003) observaram decréscimos acentuados nos teores de Mn com o uso de corretivos da acidez do solo em três dos quatro anos estudados.

Logo, não foi possível confirmar a importância do N na melhoria da produtividade, o que sugere influência do efeito de diluição. Ao mesmo tempo, os valores encontrados nos teores foliares para a aveia encontram-se dentro daquilo que é considerado adequado para a cultura (PAULETTI, 2004).

Conclusão

O uso do NovoGro® aumentou o pH, Ca, Mg, P e V% e causou quedas do H + Al, constatadas em pelo menos um período ou profundidade avaliadas. Também se mostrou eficiente no aumento da produtividade na cultura de aveia, indicando que o produto apresenta efeito residual superior a quatro meses. Proporcionou ainda pequenas quedas nos teores foliares de Mn no feijão e de Cu na aveia.

Referências

- ASSMANN, A. L. **Adubação nitrogenada de forrageiras de estação fria em presença e ausência de trevo branco, na produção animal em área de integração lavoura pecuária**. 2002. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.
- CAVALLET, L. E. et al. Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 724-729, 2006. doi:10.1590/S1415-43662006000300027.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DE SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2004.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.
- FREITAS, W. S. et al. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 120-125, 2004. doi:10.1590/S1415-43662004000100013.
- FREITAS, W. S. et al. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura em solo cultivado com milho. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 2, p. 95-102, 2005.
- GOMES FILHO, R. R. et al. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 131-134, 2001. doi:10.1590/S1415-43662001000100024.
- IAPAR. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 23 abr. 2007.
- MALLARINO, A. P. Manejo de fósforo e potássio y starters para maiz y soya en siembra directa. In: CONGRESSOS NACIONAIS DE AAPRESID, 5., Mar del Plata, 1997. **Conferências...** [S.l.: s.n.], 1997. p. 11-19.
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1989.
- MARQUES, R.; MOTTA, A. C. V. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: LIMA, R. M. (org.). **Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas**. Curitiba: UFPR, 2003. p. 82-101.
- MARTINS, A. L. C. et al. Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn, e Zn pelo milho em solos adubados com lodo de esgoto, com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, n. 3, p. 563-574, 2003. doi:10.1590/S0100-06832003000300018.
- MEDEIROS S. S. et al. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 603-612, 2005. doi:10.1590/S1415-43662005000400026.
- MOTTA, A. C. V. et al. **Micronutrientes na rocha, no solo e na planta**. 1. ed. Curitiba: DSEA/SCA/UFPA, 2007.
- PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. 2. ed. Castro: Fundação ABC, 2004.
- RAMOS, A. A. et al. Mobilidade de nutrientes no solo e produtividade do milho em função da calagem, gessagem e adubação mineral e orgânica. **Revista da Universidade do Amazonas**, v. 4-5, n. 1-2, p. 105-118, 1996.
- ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, n. 4, p. 623-639. 2004. doi:10.1590/S0100-06832004000400005.
- RAIJ, B. V. O cálcio como nutriente para as culturas. In: Seminários P, Ca, Mg, e micronutrientes. Situação e perspectiva na agricultura, 1984. **Anais...** Manah S/A, 1984. p. 96.
- SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O. et al. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS, 1999. p. 267-319.
- SEAB/DERAL. Secretaria de Agricultura. Departamento de Economia Rural. Governo do Paraná. **Grãos, algodão e outras culturas: Paraná: evolução da área colhida e da produção obtida de 1997/98 a 2005/06**. 2006. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/seab/deral/epc-pr.xls>>. Acesso em: fev. 2007.
- SENESE, N. et al. Chemical properties of metal-humic acid fractions of a sewage sludge-amended aridisol. **Journal of Environmental Quality**, v. 18, n. 2, p. 186-194, 1989. doi:10.2134/jeq1989.00472425001800020010x.
- SOARES e BARROS, L. S.; AMARAL, L. A.; LUCAS JÚNIOR, J. Poder poluente de águas residuárias de suinocultura após utilização de um tratamento integrado. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, suppl. 2, p. 126-135. 2003.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, planta e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5).
- TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Avaliação agronômica de um biossólido industrial para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária**, v. 40, n. 3, p. 261-269, 2005. doi:10.1590/S0100-204X2005000300010.

Recebido: 27/07/2011
Received: 07/27/2011

Aprovado: 09/09/2013
Approved: 09/09/2013