



DIAGNOSE FOLIAR E PRODUÇÃO DE MILHO EM CULTIVO COM LODO DE ESGOTO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

Letícia Fernanda Lavezzo⁽²⁾; Denise de Lima Dias Delarica⁽³⁾; Riviane Maria Albuquerque Donha⁽⁴⁾; Ubajara Cesare Mozart Proença ; ⁽⁵⁾; Wanderley José de Melo⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da SABESP e do CNPq

⁽²⁾ Mestranda em Ciência do Solo pela Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, SP, e-mail: leticialavezzo.unesp@hotmail.com; ⁽³⁾ Mestranda em Ciência do Solo pela Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, SP, e-mail: denise.delarica@gmail.com; ⁽⁴⁾ Doutoranda pela Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, SP, e-mail: rividonha@gmail.com; ⁽⁵⁾ Mestrando em Ciência do Solo pela Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, SP, e-mail: ubajaracesare@yahoo.com.br; ⁽⁶⁾ Professor Titular, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, SP, e-mail: wymelo@gmail.com

RESUMO: A identificação dos teores foliares tem o objetivo de direcionar a adubação, verificando a existência de excesso ou deficiência dos nutrientes para as culturas. Ao aplicar sobre dois latossolos - Vermelho eutroférico – textura argilosa (LVef), e Vermelho distrófico – textura média (LVd) – doses anuais de lodo de esgoto, com os seguintes tratamentos: T1 = 0 Mg ha⁻¹ (testemunha); T2 = 2,5 Mg ha⁻¹; T3 = 5 Mg ha⁻¹; T4 = 10 Mg ha⁻¹, base seca, em cinco repetições foi realizada a diagnose foliar e relação com produtividade do milho de cada tratamento. Os resultados encontrados no primeiro ano agrícola nas diferentes dosagens aplicadas tanto de nitrogênio como fósforo atenderam as necessidades da cultura, apresentando valores críticos o potássio e enxofre. No segundo ano agrícola, os valores de nitrogênio estavam próximos aos valores crítico e fósforo e potássio apresentaram valores acima do valor crítico e os valores encontrados de enxofre mostraram-se ineficientes. Concluiu-se que há a necessidade de adubação mineral para suprimir as demandas de potássio e enxofre.

Termos de indexação: uso de resíduos na agricultura, diagnose foliar, biossólido.

INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto (LE), produto final das estações de tratamento. Se manejado e aplicado no solo de forma correta, serve como excelente adubo orgânico, fornecendo nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas além de possibilitar maior conservação pelo seu enriquecimento com matéria orgânica. A disponibilidade dos nutrientes no solo, os efeitos do biossólido em propriedades físicas do solo, são fatores que influenciam o desempenho das culturas no que diz respeito à produtividade agrícola. A diagnose foliar é o método de maior relevância na definição e na interpretação do estado nutricional das plantas (Gott et al., 2014).

De forma direta, uma das formas de se avaliar o desempenho de uma determinada cultura é quantificar os níveis dos diferentes nutrientes presentes em determinadas folhas, em épocas específicas. Esse procedimento é específico em relação à folha amostrada, época de amostragem e tipo de cultura. O presente trabalho destina-se a apresentar teores foliares de N, P, K e S, na época da diagnose foliar, de plantas das diferentes parcelas que integram o experimento com milho, conduzido nos anos agrícolas 1997/1998 e 1998/1999, de experimento envolvendo doses crescentes de biossólido em LVd cultivado com milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido à campo em uma área experimental a da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, localizada na UNESP, Campus de Jaboticabal – SP, a uma altitude de 610 metros e com coordenadas geográficas: 21°15'22" S e 48°15'18" W.

Tratamentos e amostragens

O experimento foi instalado em 1997 em um tipo de solo, Latossolo Vermelho distrófico – textura média (LVd), e os tratamentos utilizados foram: T1 = 0 ton ha⁻¹ (testemunha); T2 = 2,5 tonha⁻¹; T3 = 5 ton ha⁻¹; T4 = 10 ton ha⁻¹, base seca, em cinco repetições. A dose 5 ton ha⁻¹ foi estabelecida para fornecer todo o nitrogênio exigido pela cultura do milho, admitindo-se que 1/3 do nitrogênio contido no lodo de esgoto encontrava-se disponível para as plantas. No primeiro ano de cultivo, a área experimental recebeu calcário dolomítico com o intuito de elevar a saturação por bases para 70%, conforme a recomendação de Raij & Cantarella (1997). A partir do segundo ano de experimentação, o tratamento T1 passou a ser adubado de acordo com a análise de fertilidade do solo e as indicações contidas no Boletim 100 (RAIJ & CANTARELLA, 1997).



Tabela 1. Caracterização do lodo de esgoto incorporado aos solos

Umidade (%)	63,26	Cádmio (mg kg ⁻¹)	0,00
Nitrogênio (%)	3,73	Chumbo (mg kg ⁻¹)	0,00
Fósforo (%)	1,13	Crômio (mg kg ⁻¹)	355,90
Potássio (%)	0,17	Cobre (mg kg ⁻¹)	550,50
Cálcio (%)	17,55	Ferro (mg kg ⁻¹)	37.225,00
Magnésio (%)	0,29	Manganês (mg kg ⁻¹)	294,50
Bário (mg kg ⁻¹)	92,40	Molibdênio (mg kg ⁻¹)	0,00

Fertilidade do solo anterior à aplicação do bio sólido

Tabela 2. Composição química original dos solos nas áreas experimentais

	LVd		LVd
P resina mg.dm ⁻³	44,0	Mg mmolc.dm ⁻³	10,6
M.O g.dm ⁻³	20,0	H+Al mmolc.dm ⁻³	16,0
pH CaCl ₂	5,7	SB mmolc.dm ⁻³	39,0
K mmolc.dm ⁻³	2,2	T mmolc.dm ⁻³	55,1
Ca mmolc.dm ⁻³	25,7	V %	70,6

Diagnose foliar da cultura do milho com aplicação de bio sólido em LVd

As amostras de folha de milho para análise química, por ocasião da diagnose foliar, foram coletadas nas mesmas datas de coleta das amostras de solo, retirando-se a folha oposta e abaixo da primeira espiga, e segundo recomendação de MALAVOLTA et al. (1997). Foram armazenadas em sacos de papel e encaminhadas para o laboratório, onde foram lavadas com água e detergente, em seguida lavadas em solução de HCl 0,1 N, passadas em água corrente, seguida de lavagem em água destilada finalizando com lavagem em água deionizada. Após isso, retirou-se o terço médio de cada folha e a nervura principal, acomodando então, as amostras em novos sacos de papel e mantidas em estufa com circulação forçada de ar até atingir o peso constante para então, serem moídas em moinho tipo Willey para posterior análise.

Amostragem de espigas para avaliação da produtividade

A amostragem foi realizada ao final do ciclo da cultura (aproximadamente 130 dias após a semeadura), quando as espigas apresentavam umidade próxima a 16%. A coleta do material foi realizada manualmente, sendo amostradas as espigas da terceira linha de plantio (segunda linha útil) no sentido da declividade do terreno de cada

parcela. Procedeu-se à contagem de plantas e de espigas, cujos valores foram utilizados para estimativa da produtividade agrícola. Após a despalha, as espigas de cada parcela foram debulhadas, sendo os grãos obtidos, colocados em sacos de papel, e pesados. Em seguida procedeu-se à retirada de amostra para determinação da umidade com a finalidade de se proceder à correção do peso dos grãos à umidade de 13% (grão comercial).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores encontrados de nitrogênio total (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) na folha +4 do milho, encontrados para o anos agrícola 1997/98 e 1998/99 estão apresentados na **tabela 3**. Segundo Malavolta (1997), os valores médios adequados de N nas folhas do milho no momento da diagnose foliar são entre 27,5 e 32,5 g.kg⁻¹. Neste trabalho, para o N verificou-se que as diferenças entre os tratamentos não foram estatisticamente significativas, estando às plantas adequadamente nutridas em relação a N, tanto com uso de fertilização mineral como com uso de bio sólido no primeiro ano de cultivo. Os teores de nitrogênio na folha do milho, para o ano agrícola 1998/99, na análise estatística dos dados, mostrou haver diferenças significativas entre os tratamentos testados, sendo o maior valor de N encontrado no tratamento que recebeu adubação mineral (T), diferindo significativamente do tratamento com 2,5 t ha⁻¹ de lodo de esgoto) que apresentou o menor valor. Para este ano agrícola, os tratamentos que receberam bio sólido mantiveram-se próximos do valor considerado crítico e semelhantes ao observado no tratamento que recebeu adubação mineral, exceto no tratamento com 2,5 ton, cujo valor foi mais baixo. Embora os dados apresentem uma situação próxima de deficiência, pode ser observado que o LE, principalmente nas doses de 5,0 e 10 t ha⁻¹, foi capaz de suprir as plantas de milho com relação a N, tanto quanto a adubação mineral.

Os valores médios de fósforo encontrados na folha do milho aos 60 dias após a emergência das plântulas, foram semelhantes e não significativos estatisticamente em todos os tratamentos, indicando que o bio sólido aplicado supriu adequadamente as plantas de milho em fósforo. O tratamento com 10 t ha⁻¹ foi significativamente maior que o observado no tratamento de 2,5 t ha⁻¹ para o teor de P, indicando que o aumento da dose de LE favoreceu a nutrição das plantas de milho em relação ao nutriente. Todas as doses testadas foram capazes de nutrir a cultura de forma semelhante ao conseguido pela fertilização



mineral, já que em todos os tratamentos os teores observados estiveram acima do nível crítico proposto por Malavolta et al. (1997), evidenciando o potencial fertilizante do LE ao se tratar de fósforo.

Os valores de potássio na folha do milho, na diagnose foliar em 1997/98 com aplicações de doses de LE mostraram-se críticos dentro dos teores considerados por Malavolta et al. (1997), que é entre 17,5 e 22,5 g kg⁻¹. Somente na testemunha o valor encontrado foi abaixo da faixa considerada adequada. Com isso, verificou-se que as diferenças observadas foram estatisticamente não significativas, indicando haver a necessidade de suplementação do biossólido com fertilizante potássico, uma vez que o resíduo é originalmente pobre no elemento. No ano de 1998/99 observou-se a existência de diferenças significativas entre os tratamentos utilizados sendo que o maior teor encontrado foi na testemunha que recebeu somente fertilização mineral quando comparado com os tratamentos de 5,0 e 10 t ha⁻¹ de LE. Embora que todos os tratamentos estavam acima do nível crítico, é necessário a suplementação com fertilizante potássico concomitante com o uso de LE, uma vez que apresenta baixo teor desse nutriente.

Quanto aos valores médios de enxofre na folha do milho, para o ano agrícola 1997/98 não houve diferença estatística significativa entre as diferentes doses aplicadas, mostrando comportamentos semelhantes entre os tratamentos que receberam LE e a testemunha e exerceu pouca ou nenhuma influência na nutrição do milho. Em relação aos níveis adequados de enxofre na folha de milho, são encontrados na literatura dados bastante divergentes. Segundo Raij et al. (1991) estes valores encontram-se na faixa entre 2,0 a 4,0 g kg⁻¹, o que determina uma situação de alta deficiência de S na cultura, para o ano agrícola 1997/98. Entretanto, para Malavolta et al. (1997) os níveis adequados estão entre 1,5 a 2,0 g kg⁻¹, o que evidencia uma deficiência nutricional da cultura (em relação a S, porém com valores próximos dos níveis adequados. No segundo ano agrícola o maior teor de S-SO₄⁻ foi na testemunha que recebeu fertilização mineral (T) assemelhando-se aos demais tratamentos, exceto no tratamento de 2,5 t ha⁻¹ de LE que apresentou valor significativamente menor. Considerando os teores adequados propostos por Malavolta et al. (1997) verificou-se que todos os tratamentos apresentaram valores considerados críticos ou deficientes para a cultura do milho, havendo a necessidade de uma suplementação via fertilização mineral.

A tabela 2 mostra os valores médios da produção de grãos de acordo com cada tratamento. No ano agrícola 1997/1998, não houve diferença entre as diferentes doses aplicadas, fato o qual pode ser

explicado pelo excesso de chuvas ocorridas durante o experimento do segundo ano, favorecendo a lixiviação dos nutrientes, que afetou o desenvolvimento de toda a cultura, o que pode ser comprovado pela maior produtividade obtida no primeiro ano (97/98) comparado com o segundo agrícola (98/99). Nota-se, em 1998/1999, que a maior produtividade foi devido a adubação mineral no tratamento com aplicação de 10 ton ha⁻¹, porém, de modo geral, a produtividade média anual foi muito baixa quando comparado com valores obtidos no ano agrícola anterior. A associação de adubação mineral com a maior dose de lodo de esgoto pode proporcionar condições mais favoráveis para o desenvolvimento da cultura frente aos efeitos da lixiviação decorrente do excesso de chuvas.

CONCLUSÕES

Conclui-se que as dosagens aplicadas nos tratamentos para nitrogênio e fósforo, atenderam as necessidade nutricionais da cultura de milho, porém, não foram suficientes para atender a demanda de enxofre, havendo a necessidade de adubação mineral e houve redução da produtividade de grãos, no segundo ano agrícola, devido ao excesso de chuvas, que favoreceu a lixiviação e perda de nutrientes do solo.

REFERÊNCIAS

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed.ver.atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- GOTT, R. M. et al. **Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho**. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Nov 2014, vol.18, no.11, p.1110-1115. ISSN 1415-4366



Tabela 3. Média dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre na **folha +4** do milho, cultivado em um latossolo vermelho escuro, nos anos agrícola 1997/98 e 1998/1999.

Tratamentos	1997/1998				1998/1999			
	N total	P	K	S-SO ₄	N total	P	K	S-SO ₄
	(g.kg ⁻¹)				(g.kg ⁻¹)			
T0	35,25 A	3,99 A	17,10 A	1,10 A	30,95 A	3,13 AB	23,25 A	0,94 A
2,5	34,85 A	3,83 A	18,50 A	1,06 A	26,75 B	2,78 B	21,70 AB	0,72 B
5	35,46 A	3,95 A	17,85 A	1,10 A	28,86 AB	3,05 AB	21,45 B	0,84 AB
10	35,89 A	3,84 A	17,60 A	1,16 A	28,87 AB	3,26 A	21,50 B	0,86 AB

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Tabela 4. Matéria seca total e produção de grãos do milho, cultivado em um latossolo vermelho escuro, nos anos agrícola 1997/98 e 1998/1999.

Tratamentos	1997/1998		1998/1999	
	MST	Grãos	MST	Grãos
T0	5,24 B	7,9 A	6,96 A	5,26 A
2,5	6,4 A	7,95 A	6,68 A	4,52 B
5	6,2 A	8,14 A	6,44 A	4,53 B
10	7,28 A	8,1 A	6,43 A	4,68 AB

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey