



O Cultivo de Adubos Verdes (Fabaceae) sobre a Palhada do Milho em Sistema de Plantio Direto influenciando nas características químicas do solo ⁽¹⁾.

Gabriela Cristina Salgado⁽²⁾; Guilherme Bovi Ambrosano⁽³⁾; Fábio Luis Ferreira Dias⁽⁴⁾; Fabricio Rossi⁽⁵⁾; Silvio Tavares⁽⁶⁾; Edmilson José Ambrosano⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (processo 2014/22602-5).

⁽²⁾ Estudante; Universidade Federal de São Carlos; Araras, SP; salgado.gc@gmail.com; ⁽³⁾ Estudante; Universidade de São Paulo; Piracicaba, SP; guilherme.ambrosano@usp.br; ⁽⁴⁾ Pesquisador, Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio; Piracicaba, SP; fabio@apta.sp.gov.br; ⁽⁵⁾ Professor; Universidade de São Paulo; Pirassununga, SP; fabricio.rossi@usp.br; ⁽⁶⁾ Pesquisador, Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio; Piracicaba, SP; stavares@apta.sp.gov.br; ⁽⁷⁾ Pesquisador, Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio; Piracicaba, SP; ambrosano@apta.sp.gov.br.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos nas características químicas do solo cultivado com adubos verdes da família fabaceae sobre a palhada do milho em sistema de plantio direto. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com oito tratamentos (feijão-de-porco, crotalária-júncea, mucuna-anã, feijão-mungo, tremoço-branco, feijão-caupi, além de duas testemunhas; uma sem e outra com a palha de milho) e cinco repetições. Foram analisados os atributos químicos do solo como pH, M.O., H + Al, C.T.C., B, Cu, Fe e Mn. Os adubos verdes alteraram positivamente as características químicas do solo favorecem o aumento dos teores de micronutrientes no solo.

Termos de indexação: Leguminosas, Fertilidade do solo, Micronutrientes

INTRODUÇÃO

A prática de adubação verde mais comum é a do pré-cultivo das plantas com posterior incorporação. Tal prática tem se mostrado bastante eficiente em incrementar a fertilidade do solo (Negrini et al., 2010).

Com a prática da adubação verde, é possível recuperar a fertilidade do solo proporcionando aumento do teor de matéria orgânica, da capacidade de troca de cátions e da disponibilidade de macro e micronutrientes; formação e estabilização de agregados; melhoria da infiltração de água e aeração; diminuição diuturna da amplitude de variação térmica; controle dos nematóides e, no caso das fabaceas (leguminosas), incorporação ao solo do nutriente nitrogênio (N), efetuado através da fixação biológica (Igue, 1984). Outra vantagem atribuída à adubação verde, utilizando-se as espécies crotalária-júncea e mucuna-preta, é o fato de ambas atuarem no controle dos nematóides *M. incognita* e *M. javanica* (Sharma et al., 1984). Nesse

sentindo, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos nas características químicas do solo cultivado com adubos verdes da família fabaceae sobre a palhada do milho em sistema de plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de campo foram conduzidos no Pólo Regional do Desenvolvimento dos Agronegócios do Centro-Sul (APTA).

A área agroecológica do Pólo Centro-Sul situa-se no município de Piracicaba - SP, com altitude de 540 m, latitude de 22°43'S e longitude 47°38'W, apresentando chuvas de verão, inverno seco, temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a temperatura do mês mais frio 16,9°C. A precipitação média anual é de 1253 mm, umidade relativa do ar de 74% e insolação média mensal de 201,5 horas/mês. O trabalho foi realizado em solo classificado como Nitossolo vermelho. Previamente ao cultivo o solo da área experimental foi amostrado a fim de se obter informações sobre as suas características químicas, antes e após o cultivo dos adubos verdes.

Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com oito tratamentos (feijão-de-porco, crotalária-júncea, mucuna-anã, feijão-mungo, tremoço-branco, feijão-caupi, além de duas testemunhas; uma sem e outra com a presença da palha de milho) e cinco repetições. Primeiramente, em dezembro de 2010, efetuou-se uma fosfatagem e adubação mineral e orgânica em área total, a lanço, e por metro quadrado constou de: 31 gramas de termofosfato e 10 gramas de sulfato de potássio, e 25 t ha⁻¹ de composto orgânico, com teores de: 50 g kg⁻¹ MO; 1,5 g kg⁻¹ N; 0,80 g kg⁻¹ P₂O₅ (ácido cítrico); 1,2 g kg⁻¹ K₂O; 3,1 g kg⁻¹ Ca; 0,6 g kg⁻¹ Mg; 0,6 g kg⁻¹ S.



Foi cultivado o milho variedade Cati-Verde 2, semeado em janeiro de 2011.

Após a colheita do milho verde o material vegetal remanescente foi triturado e deixado sobre a superfície do solo, proporcionando a cobertura de 6 t ha⁻¹ de massa seca. As fabáceas adubos verdes foram semeadas sobre a palhada desse milho em semeadura direta em abril de 2011. A crotalária-júncea e o tremoço-branco completaram seu ciclo e produziram sementes. Nas parcelas testemunha, sem ou com palha de milho não houve cultivo dos adubos verdes e foi plantado tomate-cereja.

O mesmo cultivo e manejo foram realizados nos três anos consecutivos 2012 e 2013 cultivando sempre milho depois adubo verde.

Os adubos verdes e as testemunhas receberam irrigações periódicas por gotejamento, sendo o milho conduzido sem irrigação.

Foram coletadas amostras de solo coletadas em cinco pontos da parcela, nas camadas de 0 a 10 m, 10 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m, antes da semeadura dos adubos verdes e no final do experimento e armazenadas em câmara fria para posterior análise de: pH, MO, H + Al, CTC, B, Cu, Fe e Mn, segundo metodologia descrita em Raij et al. (2001).

Análise estatística

Após análise exploratória dos dados foi aplicada a metodologia de modelos mistos para medidas repetidas pelo procedimento PROC MIXED do programa SAS. As comparações múltiplas foram realizadas pelo teste de Tukey-Kramer considerando o nível de significância de 10%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entre os tratamentos para a variável pH, o tratamento testemunha com palhada teve seu pH reduzido no primeiro ciclo de cultivo comparado com demais tratamentos, com exceção da testemunha sem palhada e o tremoço (**Tabela 1**).

Observa-se que há entre as médias dos ciclos um aumento do pH no segundo ciclo de cultivo seguido de um queda do pH no terceiro ciclo.

Corroborando com Faria, et al. (2004) que observou na última avaliação uma redução do pH do solo cultivado com adubos verde (leguminosas), em trabalho realizado consórcios de videira com leguminosas. Segundo mesmo autor, esse aumento do pH pode estar relacionado a maior liberação de íons H⁺ na decomposição da matéria orgânica do solo.

Em relação a M.O., houve diferenças entre as médias do tratamento, mostrando que o tratamento feijão-de-porco e mucuna- anã tiveram maior teor de M.O. que a testemunha com palha e sem palha (**Tabela 1**). Houve diminuição da matéria orgânica ao longo dos ciclos de cultivo independente dos tratamentos. Segundo Souza & Guimarães (2013) que trabalharam com milho orgânico em rotação com leguminosas, observaram que a M.O. do solo não diferiu entre os tratamentos e nem revelou progressão com o tempo. Entretanto, o mesmo autor relata que os tratamentos foram adubados com composto orgânico. Provavelmente a queda na M.O. neste trabalho pode estar relacionada com a ausência da adubação com composto ou adubo orgânico além do adubação verde.

Ao longo dos três ciclos houve redução do H+Al, tendo uma queda maior no segundo ciclo (**Tabela 2**). Os compostos orgânicos oriundos dos resíduos vegetais (adubos verdes) possui valores de pKa entre 5 e 7, normalmente, sendo assim mesmo em solos com pH baixo o Al presente na solução do solo pode se apresentar em formas menos prejudiciais as plantas podendo estar complexado com ligantes orgânicos provenientes da decomposição dos resíduos (Silva, et al., 2014).

A Capacidade de troca de cátions do solo não mostrou diferença estatística entre os ciclos de cultivo, com exceção do tratamento com mucuna-anã e o feijão-caupi que teve sua CTC reduzida no terceiro ciclo. Entretanto, numericamente, observa-se uma diminuição da CTC nas médias dos ciclos de cultivo.

Em relação aos micronutrientes, observa-se uma tendência de aumento dos teores de B, Cu e o Fe no solo ao longo dos ciclos de cultivos (**Tabelas 3 e 4**). Entretanto, o nutriente Mn teve uma variação nos



seus teores no solo ao longo do ciclo de cultivo, obtendo maiores valores no segundo ciclo de cultivo. Segundo Silva et al. (2014), a adição regular de resíduos de adubos verdes ao solo aumenta a estabilidade das formas mais solúveis de micronutrientes catiônicos na solução do solo, os compostos orgânicos oriundos de exsudados radiculares, resíduos de plantas, podem complexar micronutrientes como Cu, Fe, Mn e Zn do solo e favorece o seu fluxo difusivo para a superfície das raízes.

à soja nos cerrados. In: Adubação Verde no Brasil. Fundação Cargill, Campinas, p.42-43, 1984.

SILVA, E. C. da ; AMBROSANO, E. J. ; SCIVITTARO, W. B. et al. Adubação verde como fontes de nutrientes às culturas. In: FILHO, O. F. de L. ; AMBROSANO, E. J. ; ROSSI, F. et al. Adubação verdes e plantas de cobertura no Brasil. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2014. p. 267-305.

CONCLUSÕES

Os adubos verdes favorecem no aumento dos teores de micronutrientes no solo e alterou positivamente, as características químicas do solo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPESP (bolsa IC 2014/22602-5 e auxílio pesquisa 2011/05648-3), ao CNPq pela bolsa de produtividade do último autor, aos técnicos de apoio e laboratório, a Pirai sementes.

REFERÊNCIAS

a. Periódicos:

FARIA, C. M. B. ; SOARES, J. M. ; LEAO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio de São Francisco. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p. 641-648, 2004.

NEGRINI, A. C. et al . Performance of lettuce in sole cropping and intercropping with green manures. Hort. Bras., Brasília , v. 28, n. 1, Mar. 2010 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362010000100011&lng=en&nrm=iso>. access on: 13 jun. 2015.

SOUZA, J. L. de ; GUIMARÃES, G. P. Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos. Bioscience Journal, Uberlândia, v.29, n.6, p. 1796-1805, Nov./dec. 2013.

b. Livro:

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

c. Capítulo de livro:

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: Adubação Verde no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 232-267.

SHARMA, R.D.; PEREIRA, J.; RESCK, D.V.S. Eficiência de adubos verdes no controle de nematóides associados

Tabela 1- Acidez (pH) e matéria orgânica (M.O.) do solo cultivado com adubo verde solteiro em rotação com o milho em sistema de plantio direto.

Tratamentos	pH				M.O.			
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Média *	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Média*
	CaCl ₂ (0,01 mol L ⁻¹)				g kg ⁻¹			
Testemunha sem palha de milho	5,74 ab	6,34 a	5,93 a	6,00	29,30	25,90	21,55	25,59 bc
Testemunha com palha de milho	5,61 b	6,23 a	5,85 a	5,90	28,05	25,81	20,84	24,90 c
Feijão-de-porco	5,99 a	6,29 a	5,91 a	6,06	33,41	31,11	23,93	29,48 a
Crotalária-júncea	5,93 a	6,35 a	5,98 a	6,09	31,27	28,69	25,01	28,32 ab
Mucuna-anã	5,92 a	6,43 a	5,95 a	6,10	34,10	30,35	22,97	29,14 a
Feijão-mungo	5,96 a	6,42 a	5,97 a	6,11	32,23	29,52	25,00	28,92 ab
Tremoço-branco	5,81 ab	6,39 a	5,87 a	6,02	30,63	29,03	23,86	27,84 abc
Feijão-caupi	5,96 a	6,39 a	5,83 a	6,06	33,29	28,44	23,39	28,37 ab
Média *	5,86 B	6,36 A	5,91 B		31,54 A	28,61 B	23,32 C	

* Erro Padrão das Médias dos tratamentos do quesito pH é de 0,03 e da M.O. é de 0,74; o Erro Padrão das Médias dos ciclos é de 0,02 para o pH de 0,51 para M.O. Médias seguidas de letras distintas (maiúscula na horizontal e minúscula na vertical) diferem entre si (p≤0,10)

Tabela 2- Acidez potencial (H+Al) e capacidade de troca catiônica (C.T.C.) do solo cultivado com adubo verde solteiro em rotação com o milho em sistema de plantio direto.

Tratamentos	H+Al				C.T.C.			
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Média *	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Média*
	mmol _c dm ⁻³							
Testemunha sem palha de milho	29,60	15,54	20,71	21,95 ab	100,08 abA	93,30 aAB	76,67 aB	90,01
Testemunha com palha de milho	29,30	16,35	22,33	22,66 a	86,87 bAB	107,07 aA	78,60 aB	90,85
Feijão-de-porco	26,80	13,98	22,40	21,06 ab	115,99 aA	96,60 aAB	76,20 aB	96,26
Crotalária-júncea	28,00	14,41	21,24	21,22 ab	113,09 aA	98,93 aAB	79,80 aB	97,27
Mucuna-anã	27,70	14,56	22,06	21,44 ab	115,98 aA	110,20 aA	77,53 aB	101,24
Feijão-mungo	24,80	14,37	21,11	20,09 b	107,25 abA	97,67 aAB	78,73 aB	94,55
Tremoço-branco	30,00	14,71	22,34	22,35 ab	107,11 abA	98,60 aAB	76,13 aB	93,95
Feijão-caupi	26,40	14,47	22,84	21,24 ab	117,40 aA	102,47 aA	75,13 aB	98,33
Média *	27,83 A	14,80 C	21,88 B		107,97	100,60	77,35	

* Erro Padrão das Médias dos tratamentos é de 0,52 para H+Al e 4,56 para CTC; o Erro Padrão das Médias dos ciclos é de 0,33 para H+Al e de 2,14 para CTC. Médias seguidas de letras distintas (maiúscula na horizontal e minúscula na vertical) diferem entre si (p≤0,10)

Tabela 3- Os micronutrientes boro (B) e cobre (Cu) do solo cultivado com adubo verde solteiro em rotação com o milho em sistema de plantio direto.

Tratamentos	B				Cu			
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Média *	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Média*
	mg dm ⁻³							
Testemunha sem palha de milho	0,51	0,67	0,54	0,57 a	3,79 aB	4,84 aA	4,94 aA	4,52
Testemunha com palha de milho	0,62	0,57	0,51	0,57 a	3,88 aB	4,84 aAB	5,42 aA	4,71
Feijão-de-porco	0,43	0,55	0,56	0,51 a	0,75bC	4,02 aB	5,60 aA	3,46
Crotalária-júncea	0,44	0,44	0,63	0,50 a	0,74 bC	4,00 aB	5,82 aA	3,52
Mucuna-anã	0,40	0,59	0,52	0,51 a	0,77 bC	4,20 aB	5,80 aA	3,59
Feijão-mungo	0,41	0,51	0,64	0,52 a	0,84 bC	4,34 aB	5,78 aA	3,65
Tremoço-branco	0,40	0,39	0,72	0,50 a	0,83 bC	4,10 aB	5,80 aA	3,58
Feijão-caupi	0,44	0,67	0,64	0,58 a	0,69 bC	4,16 aB	5,46 aA	3,44
Média *	0,46 B	0,55 AB	0,60 A		1,54	4,31	5,58	

* Erro Padrão das Médias dos tratamentos é de 0,05 para B e 0,12 para Cu; o Erro Padrão das Médias dos ciclos é de 0,03 para B e de 0,07 para Cu. Médias seguidas de letras distintas (maiúscula na horizontal e minúscula na vertical) diferem entre si (p≤0,10)

Tabela 4- Os micronutrientes ferro (Fe) e manganês (Mn) do solo cultivado com adubo verde solteiro em rotação com o milho em sistema de plantio direto.

Tratamentos	Fe				Mn			
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Média *	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Média *
	mg dm ⁻³							
Testemunha sem palha de milho	46,35 aA	38,60 aA	38,40 aA	41,12	47,19	52,50	43,28	47,66 a
Testemunha com palha de milho	47,77 aA	40,40 aA	44,60 aA	44,26	45,38	47,94	41,80	45,04 a
Feijão-de-porco	9,26 bB	37,00 aA	44,60 aA	30,29	46,21	49,06	41,32	45,53 a
Crotalária-júncea	8,96 bB	39,00 aA	45,00 aA	30,99	45,37	50,96	42,34	46,22 a
Mucuna-anã	8,83 bB	37,60 aA	46,20 aA	30,88	45,59	51,76	40,70	46,02 a
Feijão-mungo	8,99 bB	37,00 aA	45,60 aA	30,53	45,96	52,82	40,82	46,53 a
Tremoço-branco	9,81 bC	37,20 aB	48,20 aA	31,74	43,98	53,06	41,80	46,28 a
Feijão-caupi	8,80 bB	37,40 aA	46,40 aA	30,87	45,69	53,98	39,18	46,28 a
Média *	18,60	38,03	44,88		45,67 B	51,51 A	41,41 C	

* Erro Padrão das Médias dos tratamentos é de 1,22 para Fe e 2,02 para Mn; o Erro Padrão das Médias dos ciclos é de 0,68 para Fe e de 1,44 para Mn. Médias seguidas de letras distintas (maiúscula na horizontal e minúscula na vertical) diferem entre si (p≤0,10)