

Produtividade de Massa e Extração de Nutrientes por Adubos Verdes cultivados na Safrinha em Sistema de Semeadura Direta ⁽¹⁾.

Elaine Bahia Wutke⁽²⁾; **José Antonio de Fatima Esteves**⁽²⁾; **Paulo Boller Gallo**⁽³⁾; **Fernando César Bachiega Zambrosi**⁽⁴⁾; **Isabella Clerici De Maria**⁽⁴⁾; **Regina Célia de Matos Pires**⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Tesouro do Estado e da Fundação Agrisus (Projeto de Pesquisa PA 902/11).

⁽²⁾ Pesquisador; Instituto Agrônomo-IAC; Centro de Grãos e Fibras; Campinas, SP; ebwutke@iac.sp.gov.br;

⁽³⁾ Pesquisador; Polo Regional do Nordeste Paulista; Mococa, SP; ⁽⁴⁾ Pesquisador; Instituto Agrônomo-IAC; Centro de Solos e Recursos Ambientais; Campinas, SP; ⁽⁵⁾ Pesquisador; Instituto Agrônomo-IAC; Centro de Ecofisiologia e Biofísica; Campinas, SP;

RESUMO: Para o equilíbrio de um sistema de produção em plantio direto (SPD), particularmente no início de sua implantação, são relevantes a manutenção e aumento do estoque dos nutrientes, sobretudo do nitrogênio (N) no solo. A adubação verde pode ser alternativa sustentável, sobretudo em relação à utilização de fertilizantes nitrogenados, de elevado custo. Neste estudo determinou-se a produtividade de massa e o acúmulo de nutrientes em adubos verdes, no período de seca na safrinha, em solo de textura argilosa, de média a reduzida fertilidade, em SPD recém-implantado, em sucessão ao milho-verde, em área com compactação e histórico de cultivo diversificado em preparo convencional. Utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso com sete tratamentos: *Crotalaria breviflora*, *C. juncea*, *C. spectabilis*, feijão-de-porco, guandu, mucuna-anã e milheto e quatro repetições. Determinaram-se altura, quantidade de fitomassa, teor e acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas, constatando-se diferenças estatísticas entre as espécies. Destacou-se o guandu, como a espécie com mais capacidade de produção de fitomassas verde (22,4 t ha⁻¹) e seca (4,9 t ha⁻¹) e de acúmulo de nutrientes, em cultivo de safrinha, sendo uma opção interessante à ciclagem de nutrientes e, sobretudo, de aporte de N no SPD.

Termos de indexação: sucessão de culturas; leguminosas, compactação

INTRODUÇÃO

Dentre as muitas tecnologias utilizadas para estabelecimento adequado de sistemas de produção sustentáveis, obtenção de incremento na rentabilidade dos agricultores e preservação ambiental, com destaque para a redução de emissões de gases de efeito estufa, destacam-se o plantio direto (SPD) e a fixação biológica do nitrogênio (FBN) (Federação Brasileira de Plantio Direto, 2011). A relevância do SPD na palha está bem documentada em distintas publicações, como nas compilações de Dechen (2007), Derpsch (1984), Landers (1995) e Sá (1993).

Para o equilíbrio do SPD, sobretudo na fase de implantação, são relevantes a manutenção e aumento do estoque e aporte de nitrogênio (N) no solo como contribuição à redução da matéria orgânica. Como o custo de fertilizantes nitrogenados é elevado, com disponibilidade cada vez mais escassa, uma fonte sustentável e mais econômica é a fixação biológica, como a realizada pelas leguminosas (fabáceas). Com o cultivo dessas espécies, além da finalidade principal de cobertura e manutenção da matéria orgânica do solo, aventam-se possíveis benefícios como a preservação e restauração da produtividade nas áreas em cultivo.

As leguminosas eretas, de ciclo anual e de rápido estabelecimento podem ser interessantes nessa tentativa de otimização ou mesmo de adequação do manejo de um solo com constatação de algum grau de compactação e em fase inicial de implantação do SPD. Esperam-se, ainda, efeitos positivos dessa sucessão em características químicas e físicas do solo (Wutke et al., 2010).

O objetivo do estudo foi verificar a capacidade de extração de nutrientes por sete espécies de adubos verdes, no outono-inverno, em SPD recém-implantado, em solo de média a reduzida fertilidade, em sucessão ao cultivo de gramínea, o milho-verde.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo, em Mococa, SP, em Argissolo Vermelho Amarelo, textura argilosa, cujas características químicas estão relacionadas na **tabela 1**. A área estava sendo recentemente manejada em preparo convencional. De novembro/2011 a fevereiro/2012 foi cultivado milho-verde, cv Piratininga e, após a colheita das plantas, o material residual triturado foi uniformemente distribuído na superfície do solo.

Em 27 de fevereiro de 2012 foram semeadas sete espécies de adubos verdes, eretas e de ciclo anual, como tratamentos, sendo seis leguminosas como a *Crotalaria juncea* L. cv. IAC-1; *C. breviflora*; *C. spectabilis*; guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.], cv IAC-Fava Larga; feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC) e mucuna-anã [*Mucuna deeringiana*].

(Bort.) Merr.], além de um tratamento testemunha com gramínea, o milheto (*Pennisetum glaucum*), cv BRS-1501, cultura de reconhecido destaque na safrinha, após outras culturas econômicas.

Os adubos verdes foram semeados em parcelas com 12 linhas de 8,0m de comprimento, espaçadas 0,3m entre si, distribuídas em delineamento estatístico de blocos ao acaso com quatro repetições, num total de 28 parcelas. O experimento não foi adubado ou irrigado.

Em janeiro de 2012 coletaram-se amostras do solo nas camadas 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm para realização de análises granulométrica e química, conforme metodologia descrita por Raij & Quaggio (1983). Na floração das plantas e, na área útil de cada parcela (oito linhas centrais), avaliaram-se: a) altura, em cm, em dez plantas; b) massa fresca e seca, em kg m^{-2} , em duas linhas de 1,0m, sendo os dados apresentados em t ha^{-1} ; c) teores de macro e de micronutrientes, em g kg^{-1} e mg kg^{-1} na parte aérea de amostras compostas de plantas cortadas rentes à superfície do solo; d) acúmulo de macro e micronutrientes, em g m^{-2} , calculado pelo produto dos teores de nutrientes e da massa seca.

Os dados obtidos foram estatisticamente analisados com teste F e, no caso de significância, aplicou-se o teste de Duncan ao nível de 5%, para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fertilidade inicial do solo estava baixa a média; a acidez estava alta até 20 cm e média de 20 até 60 cm; a saturação por bases estava média na maioria das camadas, à exceção de 20-40 cm, considerada baixa (**Tabela 1**). Embora a textura do solo seja argilosa, os teores de matéria orgânica (MO) são inferiores aos considerados adequados (31 a 60 g dm^{-3}), indicativo de reduzida reserva nutricional após sua mineralização. Essa MO é importante no solo por ser fonte de nutrientes, sobretudo N, S, e B; pela função na agregação entre partículas do solo e, em consequência, proporcionando mais aeração, mais capacidade de retenção de água pela característica de textura do húmus, maior valor de CTC e mais poder tampão às variações químicas, dentre outras. A ausência de variação entre os teores de MO a 0-10 e 10-20 cm pode ser atribuída ao manejo convencional de preparo; com aração e gradagem, o solo é misturado e uniformizado até a profundidade de trabalho dos implementos.

Os teores de P e K são respectivamente baixos e muito baixos a 0-10 cm, médios a 10-20cm e muito baixos a partir de 20cm; os de Ca e de Mg são muito elevados; o de B é médio a 10-20cm e baixo nas demais profundidades; os de Cu, Fe e Mn são

elevados e superiores aos recomendados nas primeiras camadas e médios a partir de 20cm. Isso foi devido à saturação por bases média a baixa, com possível e consequente aumento da disponibilidade de Fe e Mn. Os teores de Zn são médios até 20 cm e a partir dessa profundidade são baixos.

Houve efeito estatístico nas características altura, fitomassa e acúmulo de nutrientes (**Tabelas 2 e 4**). Ressaltem-se os reduzidos coeficientes de variação, indicativos de precisão experimental.

Como esperado em cultivo de safrinha, houve redução da altura em todas as espécies (**Tabela 2**) em relação à verificada nas semeaduras na primavera, mais favorável ao crescimento vegetativo (Fahl et al., 1998). Os maiores valores foram determinados em guandu, seguindo-se milheto e *C. juncea*, espécies normalmente mais altas que as demais, mesmo na safra (Fahl et al., 1998; Wutke et al., 2010). Por efeito do estímulo fotoperiódico, a floração no milheto foi antecipada para 55 dias, como nos cultivos de safrinha (Martins Netto, 1998).

Os valores de fitomassa verde (**Tabela 2**) foram superiores em guandu, milheto, crotalária-breviflora e feijão-de-porco, estando na faixa estabelecida para essas espécies, por diversos autores relacionados em Wutke et al. (2010). Isso é particularmente interessante, porque, nessa compilação de literatura, a maioria das informações foi determinada em semeaduras de primavera-verão, cujas condições são mais favoráveis ao desenvolvimento vegetativo dessas espécies. A fitomassa verde de *C. breviflora* foi elevada, provavelmente devida ao estande superior ao recomendado, aliado às condições climáticas favoráveis, com temperaturas médias mais elevadas durante o desenvolvimento vegetativo. Nas demais espécies os valores são inferiores aos compilados em Wutke et al. (2010), os quais, entretanto, são referentes mais aos cultivos no verão. O desenvolvimento da mucuna-anã foi certamente prejudicado pela semeadura tardia (Fahl et al., 1998; Burle et al., 2006); o da crotalária-júncea, pela incidência severa de oídio (*Oidium* sp.) (Fahl et al., 1998) e pela acidez do solo, já que é muito sensível ao alumínio (Meda & Furlani, 2005), enquanto que o da *C. spectabilis*, pela semeadura tardia (Fahl et al., 1998; Burle et al., 2006) e suscetibilidade ao fungo foliar *Septoria crotalariae*, cuja incidência natural foi favorecida pelas condições climáticas.

Para massa seca destacou-se o guandu (**Tabela 2**), embora com valor um pouco inferior aos da faixa considerada adequada e comumente estabelecidos para a espécie, em compilação de literatura em Wutke et al. (2010). Fica assim comprovada sua adaptação à semeadura tardia e resistência à seca (Fahl et al., 1998; Wutke et al., 2010), fato relevante

nesta situação agrícola. Os valores determinados em feijão-de-porco e milheto estão na faixa considerada adequada para ambas as espécies (Kichel & Miranda, 2000; Wutke et al., 2010), mas os de crotalária-júncea, crotalária-espectabilis e, sobretudo os de mucuna-anã são muito inferiores.

Os teores médios de nutrientes nos adubos verdes estavam na seguinte ordem decrescente: N>K>Ca>Mg>P>S e Fe>Mn>Zn>B>Cu. No guandu foram sempre determinados os maiores valores, à exceção do Ca (**Tabela 3**). Em milheto, espécie não leguminosa e não fixadora de N, o teor do nutriente foi obviamente muito inferior aos das leguminosas.

De modo geral os teores dos nutrientes na parte aérea das plantas estavam adequados ou mesmo superiores aos da faixa relatada em Wutke et al. (2010). Foram inferiores os de K em crotalária-breviflora e mucuna-anã; os de S em crotalária-espectabilis, feijão-de-porco, guandu e mucuna-anã; os de B em feijão-de-porco, guandu e milheto; os de Cu em crotalária-breviflora, feijão-de-porco e milheto; os de Mn em crotalária-breviflora, crotalária-espectabilis e mucuna-anã e os de Zn em crotalária-breviflora e mucuna-anã.

À exceção do constatado para Ca, o guandu foi a espécie com maior capacidade extratora de macro e de micronutrientes (**Tabela 4**), pois, além dos teores nas plantas estarem sempre adequados, sua produtividade em massa seca foi significativamente superior às das demais espécies. Não se constatou diferença estatística, entretanto, entre os valores de acúmulo no guandu e os de crotalária-júncea para Mg, S e Zn e os de crotalária-júncea, crotalária-espectabilis e feijão-de-porco para B. A mucuna-anã foi a menos eficiente no acúmulo dos macronutrientes e de , Cu, Fe e Zn, porém, isso pode ser atribuído mais à sua sensibilidade à semeadura tardia, com conseqüente prejuízo ao desenvolvimento vegetativo e rendimento de fitomassa seca no cultivo de safrinha.

Constata-se o potencial de utilização do guandu em SPD, na seca, seguindo-se como possíveis opções, a crotalária-júncea e feijão-de-porco.

CONCLUSÃO

O guandu tem muito potencial para produção de massa e acúmulo de nutrientes a ser utilizado como planta mobilizadora de nutrientes e de aporte de nitrogênio na safrinha, em SPD recém-implantado.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Agrisus pelo apoio financeiro e aos funcionários de apoio do IAC e do Polo Regional do

Nordeste Paulista pela colaboração nas atividades de campo e laboratório.

REFERÊNCIAS

BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F.(Ed.). Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 71-142.

DECHEN, S. C. F. (Org.). Workshop sobre o sistema plantio direto no Estado de São Paulo. Piracicaba: Fundação Agrisus; FEALQ; Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. 206p.

DERPSCH, R. Histórico, requisitos, importância e outras considerações sobre o plantio direto no Brasil. In: TORRADO, P. V.; ALOISI, R. R. (Coord.). Plantio direto no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.1-12.

FAHL, J. I.; CAMARGO, M.B.P.; PIZZINATTO, M.A. et al. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 6. ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 396 p. (IAC. Boletim, 200).

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Evolução do plantio direto no Brasil. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/download/Ev_area_pd_brasil.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2011.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C. H. B. Uso do milheto como planta forrageira, n.46, 2000. Embrapa<<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD46.html>>. Acesso em 24 maio 2010.

LANDERS, J. N. Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado. Goiânia: APDC, 1995. 261p.

MARTINS NETTO, D.A. A cultura do milheto. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1998. 6p. (Comun. Téc., 11).

MEDA, A. R.; FURLANI, P. R. Tolerance to aluminum toxicity by tropical leguminous plants used as cover crops. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v. 48, n. 2, p. 309-317, mar. 2005.

RAIJ, B. & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (Bol. Téc., 81).

SÁ, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo no plantio direto. Castro: Fundação ABC, 1993. 96p.

WUTKE, E. B.; TRANI, P. E.; AMBROSANO, E. J.; DRUGOWICH, M. I. Adubação verde no Estado de São Paulo. Campinas: CATI, 2010. 89 p. (CATI. Boletim técnico, 249).

Tabela 1. Características químicas de um solo Argissolo Vermelho Amarelo. Mococa, SP, 2012.

Parâmetro	Profundidade (cm)			
	0 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 60
pH	4,6	4,7	5,0	5,1
M. O. (g dm ⁻³)	18	18	11	15
V (%)	59	57	40	53
CTC (mmol _c dm ⁻³)	61,6	58,8	36,4	46,6
H + Al (mmol _c dm ⁻³)	25	25	22	22
SB (mmol _c dm ⁻³)	36,6	33,8	14,4	24,6
N (g kg ⁻¹)	4,8	4,4	2,7	3,6
P (mg dm ⁻³)	12	20	3	5
K (mmol _c dm ⁻³)	0,6	1,8	0,4	0,6
Ca (mmol _c dm ⁻³)	25	22	9	16
Mg (mmol _c dm ⁻³)	11	10	5	8
B (mg dm ⁻³)	0,13	0,23	0,10	0,15
Cu (mg dm ⁻³)	1,1	1,2	0,3	0,8
Fe (mg dm ⁻³)	21	25	5	12
Mn (mg dm ⁻³)	9,5	13,1	1,4	3,9
Zn (mg dm ⁻³)	0,9	1,2	0,2	0,3

Tabela 2. Altura e quantidade de fitomassa de adubos verdes na floração. Mococa, SP, abril a julho de 2012.

Adubo Verde	Altura de Plantas	Fitomassa verde	Fitomassa seca
	cm	t ha ⁻¹	
<i>Crotalaria breviflora</i>	67,6 b	20,9 a	2,7 d
<i>Crotalaria juncea</i>	122,3 a	15,1 b	3,5 bc
<i>Crotalaria spectabilis</i>	49,0 bc	12,8 b	2,3 d
Feijão-de-Porco	65,5 b	20,9 a	4,0 b
Guandu	135,2 a	22,4 a	4,9 a
Mucuna-anã	33,5 c	7,6 c	1,5 e
Milheto	128,9 a	21,4 a	4,1 b
d.m.s. 5%	19,4	3,6	0,5
CV%	9,6	8,8	6,9

Tabela 3. Teores de macro e micronutrientes na parte aérea de adubos verdes. Mococa, SP, 2012.

Adubo Verde ^{1/}	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
CB	37,76	1,91	15,90	20,90	4,21	1,66	23,01	11,74	286,96	37,11	23,15
CJ	41,17	2,65	18,03	14,61	4,41	2,36	22,69	11,04	454,24	64,18	31,88
CS	34,77	2,10	21,20	17,43	3,60	2,11	37,71	12,37	183,43	38,24	37,75
FP	35,91	2,08	21,47	20,92	3,29	1,79	20,56	6,32	266,88	51,34	18,83
GU	38,18	2,40	18,64	11,68	3,24	1,81	18,10	10,23	717,88	64,45	25,45
MA	34,87	2,36	14,55	21,47	3,65	1,97	23,16	18,83	511,68	91,97	33,43
MI	12,48	1,56	19,11	5,76	3,05	1,51	0,90	3,76	382,68	47,01	25,02

^{1/}CB: *Crotalaria breviflora*; CJ: *Crotalaria juncea*; CS: *Crotalaria spectabilis*; FP: feijão-de-porco; GU: guandu; MA: mucuna-anã; MI: milheto

Tabela 4. Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de adubos verdes. Mococa, SP, 2012.

Adubo Verde ^{1/}	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g m ⁻²						mg m ⁻²				
CB	10,2c	0,52c	4,3e	5,6b	1,17b	0,45d	6,24b	3,19c	77,88cd	10,07d	6,29e
CJ	14,4b	0,92b	6,3c	5,1b	1,54a	0,83ab	7,94a	3,83b	158,94 b	22,46b	11,16ab
CS	8,1c	0,50d	5,0de	4,1c	0,84c	0,50d	8,81a	2,89cd	48,86 e	8,94d	8,82cd
FP	14,5b	0,84b	8,7ab	8,4a	1,33b	0,72bc	8,28a	2,54d	107,42 c	20,67b	7,58de
GU	18,6a	1,17a	9,1a	5,7b	1,58a	0,89 a	8,83a	4,99a	350,14 a	31,44a	12,42a
MA	5,1d	0,35e	2,1f	3,2d	0,53d	0,29 e	3,41c	1,56e	75,23 d	13,52c	4,72f
MI	5,2d	0,65c	7,9bc	2,4d	1,26b	0,63 c	0,37d	3,11cd	158,17 b	19,43b	10,34bc
dms 5%	2,0	0,13	1,0	0,8	0,20	0,10	1,06	0,58	31,13	3,36	1,40
CV%	8,0	7,8	6,8	7,0	7,2	7,1	7,2	8,0	9,6	8,0	6,8

^{1/}CB: *Crotalaria breviflora*; CJ: *Crotalaria juncea*; CS: *Crotalaria spectabilis*; FP: feijão-de-porco; GU: guandu; MA: mucuna-anã; MI: milheto