

RENDIMENTO DE MASSA DE ADUBOS VERDES E O IMPACTO NA FERTILIDADE DO SOLO EM SUCESSÃO DE CULTIVOS ORGÂNICOS

MASS YIELD OF GREEN MANURE AND IMPACT ON SOIL FERTILITY IN SUCCESSION OF ORGANIC CROPS

Jacimar Luis de SOUZA¹; Gabriel Pinto GUIMARÃES²

1. Pesquisador, Doutor, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - INCAPER, Venda Nova do Imigrante, ES, Brasil; jacimarsouza@yahoo.com.br; 2. Mestre em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias – UFES, Alegre, ES, Brasil.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de massa, teores e aporte foliares de adubos verdes, utilizados em região de altitude do Espírito Santo, adequados à implantação da prática de plantio direto de hortaliças sob manejo orgânico. Objetivou-se também avaliar a evolução da fertilidade do solo em decorrência de dois pré-cultivos de milho e crotalária (fevereiro 2009 e outubro 2009) e dois pré-cultivos de aveia preta e tremoço branco (julho de 2010 e maio de 2011). Este trabalho foi desenvolvido na Unidade de Referência em Agroecologia do INCAPER, em Domingos Martins-ES. Os tratamentos consistiram de uma testemunha (sem palhada) e três sistemas de produção de palhadas: 1) cultivo solteiro de gramíneas (milho ou aveia preta); 2) cultivo solteiro de leguminosas (crotalária ou tremoço branco) e 3) cultivo consorciado de gramíneas/leguminosas (milho/crotalária ou aveia/tremoço). Em fevereiro de 2009, a produção de massa verde do sistema milho e milho/crotalária atingiram 73,6 e 64,5 t ha⁻¹, respectivamente. Em julho de 2010, a produção de massa verde nos sistemas tremoço e consórcio aveia/tremoço atingiram 76,3 e 88,3 t ha⁻¹, respectivamente. Os adubos verdes em consórcio comprovaram ser excelente opção de manejo para sistemas orgânicos, por aportarem ao solo 811,4; 941,2; 263,5; 78,6; 51,9 kg ha⁻¹ de N, K, Ca, Mg e S, respectivamente, valores estes iguais ou superiores aos pré-cultivos solteiros. Os efeitos dos pré-cultivos de adubos verdes sobre os atributos químicos do solo em manejo orgânico, excetuando-se o aporte de nitrogênio, foram semelhantes à testemunha em todas as épocas, possivelmente nivelados pela adubação de base com composto orgânico em todos os tratamentos, que mantém altos índices de fertilidade da área.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura orgânica. Adubos verdes. Cobertura de solo.

INTRODUÇÃO

Em sistemas de plantio direto, a escolha adequada de espécies de adubos verdes é de fundamental importância. Especialmente se tratando de sistemas orgânicos de produção, ao se utilizar de espécies de rápido crescimento vegetativo e alta produção de massa, promove-se melhorias expressivas na fertilidade do solo, além do benefício adicional de cobertura de solo, que auxilia no controle de plantas espontâneas por abafamento (SILVA et al., 2010; SOLINO et al., 2010; ANDRADE et al., 2012).

Especialmente quando se utiliza adubos verdes em sistemas de cultivo a longo prazo, os benefícios para o solo são mais expressivos. Aumentos nos teores de carbono orgânico total (COT) e nutrientes são observados em sistemas que utilizam plantas de cobertura quando comparado ao sistema convencional (Andrade et al., 2012). Os autores verificaram ainda que o cultivo de milho e ervilhaca em sucessão aumentou os teores de (COT) e o nitrogênio (N) total na camada superficial do solo, devido à inserção desta leguminosa no sistema, em comparação com a rotação sem sucessão com plantas de cobertura.

Dentre a escolha dos adubos verdes, a família das leguminosas se destaca por formar associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂ contribuindo com a nutrição do N das culturas subsequentes e por possuir menor relação C/N, favorece sua decomposição e mineralização por microrganismos do solo (PERIN et al., 2004). Por outro lado, as gramíneas podem reduzir as perdas de N devido a sua imobilização em sua massa e, devido a sua baixa decomposição, determinam maior proteção do solo (Bortolini et al., 2000). Por isso, é recomendável que se utilizem espécies de decomposição rápida de resíduos em associação com as de decomposição mais lenta (AITA et al., 2000).

A quantidade de massa e de nutrientes aportados pelo adubo verde depende, além da escolha da espécie, de outros aspectos como o manejo dado à massa, da época de plantio e corte do adubo verde, do tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e das interações entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

Na produção de hortaliças orgânicas, a utilização de plantas de cobertura pode auxiliar na redução de custos, uma vez que segundo Fontanetti et al. (2006), a adubação exclusiva com composto orgânico tem se mostrado uma prática onerosa, em

função do grande volume exigido para se obter produções comerciais. Além disso, a utilização da adubação verde pode elevar a produtividade comercial, devido ao aporte de N pela fixação biológica pelas leguminosas.

Porém, conhecer a combinação de adubos verdes com adubos orgânicos é fundamental, visando adotar o manejo conjunto mais apropriado. Menezes e Silva (2008), avaliando os efeitos de seis anos de adubação orgânica isolada e associada à adubação verde com crotalária juncea sobre as características químicas do solo cultivado com batata, verificaram que a aplicação anual de esterco, combinado ou não com a crotalária, elevou os teores de carbono orgânico, N e P totais na camada de 0-20 cm de profundidade, concluindo que o cultivo e a incorporação anual da crotalária não exerceram efeito significativo nos teores de nutrientes do solo.

Ao comparar sistema de plantio direto com plantio convencional, em dois sistemas de adubação (mineral e orgânica), com as culturas de soja e milho ao longo de dez anos, Dorneles (2011) concluiu que a adubação orgânica no sistema aumenta os teores de matéria orgânica em relação ao tratamento mineral, independente do sistema de plantio adotado.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de massa, teores e aporte de nutrientes por espécies de adubos verdes solteiros e consorciados em região de altitude, para a implantação do plantio direto de hortaliças em sistema orgânico de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido na Unidade de Referência em Agroecologia do INCAPER, localizada no município de Domingos Martins-ES, a uma altitude de 950 m. Nesta região, a temperatura

média das máximas nos meses mais quentes está entre 26,7 e 27,8°C e a média das mínimas nos meses mais frios entre 8,5 e 9,4°C.

A área da Unidade de Referência em Agroecologia é cultivada sob manejo orgânico desde 1990, possuindo 2,5 ha, subdivididos em 12 talhões de solos. A presente pesquisa foi desenvolvida em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico argiloso, durante o período de fevereiro de 2009 a setembro de 2011, num solo do Talhão 05 submetido a manejo orgânico há 19 anos, com a caracterização inicial, na profundidade 0-20 cm, obtida antes da implantação do primeiro pré-cultivo de adubos verdes, assim definida: pH em água (6,46); matéria orgânica (4,19 dag kg⁻¹); fósforo (292,2 mg dm⁻³); potássio (254,8 mg dm⁻³); cálcio (7,1 cmol_c dm⁻³); magnésio (1,1 cmol_c dm⁻³); soma de bases (9 cmol_c dm⁻³) e CTC total (11,6 cmol_c dm⁻³). Posteriormente, o acompanhamento dos atributos do solo no tempo, foi feito por meio de coletas de amostras antes de cada cultura comercial de repolho e berinjela plantadas no período.

Os tratamentos foram constituídos de 1 testemunha (sem plantas de cobertura) e três sistemas de produção de palhadas: pré-cultivo solteiro da gramínea milho (*Zea mays*) no verão e aveia preta (*Avena strigosa*) no inverno; pré-cultivo solteiro da leguminosa crotalária (*Crotalaria juncea*) no verão e tremoço branco (*Lupinus albus*) no inverno e pré-cultivo consorciado gramínea/leguminosa (milho/crotalária ou aveia/tremoço).

Todos os tratamentos receberam adubação de plantio com composto orgânico, por ocasião da implantação das culturas comerciais de repolho e berinjela. A aplicação do adubo orgânico foi realizada no sulco de plantio, na dose equivalente a 15 t ha⁻¹ (peso seco), que apresentaram a composição média, contida na Tabela 1.

Tabela 1. Composição média dos compostos orgânicos usados nas adubações. INCAPER, 2009 a 2011.

Produto	M.O. (dag kg ⁻¹)	C/N	pH	Macronutrientes (dag kg ⁻¹)					Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
				N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	B
Composto	48	13/1	7,4	2,00	1,20	1,50	6,0	0,6	50	223	16.064	804	36

As culturas de repolho e berinjela foram implantadas após cada pré-cultivo dos adubos verde, compondo a sucessão cultural apresentada na Tabela 2. Os plantios dos quatro campos experimentais dos adubos verdes foram realizados em 17/02/09, 26/10/09, 27/07/10 e 03/05/11, sucessivamente.

Os sistemas foram implantados em parcelas experimentais de 24 m² (4 m de largura por 6 m

comprimento), demarcadas e isoladas de forma permanente com placas de cimento enterradas 40 cm no perfil do solo, de forma a permitir avaliar com mais segurança os efeitos acumulados dos tratamentos no tempo. As unidades experimentais foram implantadas em 6 blocos ao acaso, totalizando 24 parcelas. Os plantios de todas as espécies solteiras e consorciadas dos adubos verdes

foram realizados no espaçamento de 33 cm nas entrelinhas, semeando-se em filetes contínuos de sementes nos sulcos, nas seguintes densidades e gasto de sementes nos cultivos solteiros: milho ($2,5 \text{ g mL}^{-1} = 75 \text{ kg ha}^{-1}$), crotalária ($1,25 \text{ g mL}^{-1} = 38 \text{ kg ha}^{-1}$), aveia preta ($2,0 \text{ g mL}^{-1} = 60 \text{ kg ha}^{-1}$) e tremoço

branco ($2,75 \text{ g mL}^{-1} = 83 \text{ kg ha}^{-1}$). As densidades de semeio por metro linear nos consórcios foram as mesmas dos cultivos solteiros, mas por consequência do plantio ser feito em linhas alternadas, o gasto de sementes de cada espécie no consórcio foi reduzido pela metade.

Tabela 2. Sucessão de cultivos experimentais realizados. INCAPER, 2009 a 2011.

ANO 1 (2009)	- Fevereiro: Milho X Crotalária 1 - Junho: Repolho 1 - Outubro: Milho X Crotalária 2
ANO 2 (2010)	- Fevereiro: Berinjela 1 - Julho: Aveia X Tremoço 1 - Novembro: Repolho 2
ANO 3 (2011)	- Maio: Aveia X Tremoço 2 - Setembro: Berinjela 2

Aos 70 dias após a semeadura, os adubos verdes foram cortados no mesmo dia para todos os sistemas, baseado no estágio intermediário médio de florescimento das leguminosas. O corte e acamamento da palhada foi realizado com roçadeira lateral motorizada, utilizando-se a ponteira com 3 lâminas para milho e crotalária e a ponteira com disco dentado para a aveia e tremoço.

Variáveis analisadas

Para avaliações dos adubos verdes, foram marcadas aleatoriamente uma área de $1,0\text{m}^2$ em todas as parcelas experimentais. Nesta área, todo adubo verde foi colhido e pesado obtendo-se a massa fresca, sendo estas levadas em seguida ao laboratório de nutrição mineral de plantas do Incaper, em Domingos Martins-ES, para análise de massa seca e teores de macronutrientes, segundo Malavolta et al. (1989), que foram utilizados no cálculo do acúmulo.

Antes da implantação de cada cultura, amostras de solo foram coletadas para avaliação do impacto sobre a fertilidade do solo. Foram determinados, segundo Embrapa (1997), o pH em H_2O na relação 1:2,5 (solo:água); P disponível: extrator Mehlich⁻¹ e determinação por colorimetria; K⁺: extrator Mehlich⁻¹ e determinação por espectrofotometria de chama; Ca⁺² e Mg⁺²: extrator KCl 1 mol L^{-1} e determinação por espectrometria de absorção atômica; Al³⁺: extrator KCl 1 mol L^{-1} e determinação por titulometria com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$; H + Al: extrator Ca(Oac)₂ $0,5 \text{ mol/L}$ a pH 7,0 e COT: oxidação de carbono via úmido com dicromato de potássio em meio ácido (H_2SO_4) (YEOMANS; BREEMNER, 1988).

As análises estatísticas consistiram de análise de variância e, quando significativas, as médias foram diferidas pelo teste de Scott Knott a

5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à quantidade de massa fresca e seca e teores foliares estão presentes na Tabela 3. Verifica-se que a produção de massa verde e seca, em fevereiro de 2009, do sistema milho e milho/crotalária foram elevadas, o que permitiu, por consequência, uma alta taxa de cobertura do solo. Já a produção de massa seca pelo sistema crotalária solteira ($4,4 \text{ t ha}^{-1}$) foi inferior ao milho e ao consórcio, ficando abaixo do desejável para cobertura de solo que é de 6 t ha^{-1} (ALCÂNTARA et al., 2000).

O desempenho da gramínea no pré-plantio de fevereiro de 2009 ($19,1 \text{ t ha}^{-1}$ massa seca) está relacionado, entre outros aspectos, ao desenvolvimento inicial mais rápido que a leguminosa, que é uma espécie sensível ao fotoperíodo e reduz seu desenvolvimento vegetativo a partir do outono, conforme atestado por Amabile et. al. (2000), que verificaram produções decrescentes de massa seca em plantios de crotalária nos meses de novembro, janeiro e março, com 17.266 , 7.985 e 5.993 kg ha^{-1} , respectivamente.

No consórcio, observou-se que o milho provocou abafamento da crotalária, de forma que a massa seca de $18,7 \text{ t ha}^{-1}$ no consórcio fosse predominantemente desta gramínea. Corroborando com estes dados, Cazetta et al. (2005), verificaram que a massa seca da crotalária, 60 dias após a emergência, foi de $5,3 \text{ t ha}^{-1}$, inferior ao consórcio milheto e crotalária ($8,4 \text{ t ha}^{-1}$) e ao milheto solteiro ($10,7 \text{ t ha}^{-1}$). Fontanetti et al. (2006) avaliaram três espécies de adubos verdes quanto ao aporte de nutrientes ao solo, relatando a quantidade de $12,75 \text{ t}$

ha⁻¹ de massa seca de crotalária, dados superiores aos obtidos neste estudo, justificado pela concorrência relatada anteriormente. Dessa forma, no consórcio, é recomendado antecipar a semeadura da crotalária de modo a sincronizar o crescimento

das duas espécies. Outra questão está relacionada a época de semeadura da *Crotalária juncea* (fevereiro de 2009), no qual durante seu crescimento recebeu menos luz e mais frio, o que contribuiu para o menor produção de massa.

Tabela 3. Produção de massa e teores foliares de adubos verdes de quatro pré-cultivos em região de altitude. INCAPER, Domingos Martins, 2012.

Época	Adubos Verdes	Massa		Teores de macronutrientes					
		Verde	Seca	N	P	K	Ca	Mg	S
		t ha ⁻¹		dag kg ⁻¹					
Fevereiro (2009)	Milho	73,7 a	19,1	1,37 b	0,29 a	1,74 a	0,30 a	0,14 c	0,06 b
	Crotalária	13,6 b	4,4	2,86 a	0,41 a	1,96 a	1,49 a	0,22 a	0,10 a
	Milho/ Crotalária	64,6 a	18,6	1,55 b	0,28 a	1,72 a	0,45 b	0,17 b	0,07 b
Outubro (2009)	Milho	35,8 a	10,3	1,31 a	0,29 a	2,09 a	0,37 b	0,15 b	0,10 a
	Crotalária	12,9 b	4,8 b	1,51 a	0,32 a	2,80 a	0,76 a	0,22 a	0,11 a
	Milho/ Crotalária	15,7 b	5,6 b	1,48	0,30 a	2,63 a	0,77 a	0,22 a	0,13 a
Julho (2010)	Aveia	40,8 b	9,1	1,16 b	0,34 a	2,31 a	0,56 b	0,15 a	0,15 a
	Tremoço	76,3 a	11,1	1,97 a	0,34 a	2,62 a	0,83 a	0,16 a	0,12 a
	Aveia/ Tremoço	88,3 a	13,3	2,06 a	0,34 a	2,55 a	0,69 a	0,18 a	0,17 a
Maio (2011)	Aveia	36,0 a	8,70	2,15 a	0,29 a	2,70 a	0,53 a	0,13 a	0,16 a
	Tremoço	33,0 a	7,60	2,55 a	0,24 a	1,20 b	0,63 a	0,15 a	0,13 a
	Aveia/ Tremoço	34,0 a	7,60	2,20 a	0,26 a	1,80 a	0,63 a	0,15 a	0,14 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, em cada época, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Quando o plantio desses adubos verdes foi realizado em outubro de 2009, ocorreram diferenças estatísticas, com maiores produções para o milho. Nesta época houve limitações de desenvolvimento das plantas de milho e crotalária, devido à diminuição de estande de plantas e atraso no metabolismo, provocado pelas altas precipitações durante o período de cultivo dos adubos verdes (204 mm em outubro, 134 mm em novembro e 436 mm em dezembro). Em relação ao plantio de fevereiro de 2009, a massa verde de milho foi reduzida em 51%, muito provavelmente por ser uma planta mais sensível à umidade do solo. A massa da crotalária manteve-se semelhante, pois foi compensada pelo melhor desenvolvimento desta espécie neste período de plantio. Observou-se inclusive que o milho sofreu maior concorrência nesta época, limitando também a produção de biomassa no sistema consorciado.

Na avaliação dos adubos verdes de inverno, em julho de 2010, o tremoço e o consórcio aveia/tremoço atingiram, respectivamente, 11,1 e 13,3 t ha⁻¹ de massa seca, valores estes significativamente superiores aos obtidos com a aveia preta (9,1 t ha⁻¹). Apesar da diferença estatística, ressalta-se que a alta concentração de

matéria seca na palhada da aveia (22,3 %), em relação à apresentada pelo tremoço branco (14,5 %), compensou parcialmente sua menor produção de massa verde.

No segundo pré-cultivo dos adubos verdes de inverno, realizado em maio de 2011, não ocorreram diferenças significativas na produção de massa verde e seca entre os sistemas, com todos apresentando rendimentos de massa seca acima de 7 t ha⁻¹, suficientes para proporcionar boa taxa de cobertura de solo. Barradas et al. (2001), em estudo com 12 adubos verdes de inverno, no estado do Rio de Janeiro, relataram 5,31 t ha⁻¹ de massa seca de aveia preta, valor este inferior ao obtido no presente estudo. Já o rendimento de 7,73 t ha⁻¹ de massa seca do tremoço branco após 119 dias de cultivo, foi semelhante ao obtido neste trabalho.

Para os teores de macronutrientes das plantas de cobertura de verão, observou-se que em fevereiro de 2009, a maior concentração de N foi verificada na massa da crotalária. Já em outubro de 2009, não foi observado diferenças no teor de N entre os sistemas. Para cada época, não foram verificados diferenças para P e K na massa seca de todos os sistemas, mas para Ca, Mg e S, em

fevereiro de 2009, a crotalária solteira indicou uma tendência de maiores teores desses nutrientes.

Para os teores de macronutrientes das plantas de cobertura de inverno, em julho de 2010, observou-se maiores concentrações de N no tremoço e no consórcio quando comparados à aveia. Em maio de 2011, observou-se maiores concentrações de K na aveia e no consórcio. Para os demais elementos não foi observado diferenças entre os sistemas.

Ressalta-se que os teores foliares das plantas fornecem informações qualitativas, necessitando da quantidade de massa produzida para se obter o acúmulo, que é um indicador preciso para determinar quanto de cada nutriente do adubo verde foi aportado ao sistema solo. Os dados referentes ao acúmulo estão presentes na Tabela 4. Em fevereiro de 2009, foi observado menor aporte de N pela crotalária (126,8 kg ha⁻¹). Já o consórcio crotalária/milho e milho solteiro contribuíram respectivamente com 287,4 e 261,9 kg ha⁻¹. De forma semelhante, nos sistemas avaliados por Cazetta et al. (2005), também relataram-se menores acúmulos pela crotalária (137 kg ha⁻¹ de N), em relação ao consórcio milho/crotalária e milho solteiro, que aportaram 204 e 265 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Fontanétti et al. (2006) relataram aporte de 374,85 kg de N ha⁻¹ pela crotalária, valor este superior quando comparado à mucuna preta, feijão-de-porco e vegetação espontânea, confirmando-se como espécie de bom potencial para fornecimento de N. Alvarenga et al. (1995) também verificaram os maiores aportes de N ao solo pela crotalária (252,9 kg ha⁻¹), em relação mucuna-preta (191,5 kg ha⁻¹) e ao feijão-de-porco (146,2 kg ha⁻¹). Esses dados demonstram que, no presente estudo, a baixa produção de massa da crotalária, comprometeu o aporte de N, havendo, portanto, um potencial de ganho deste nutriente a ser explorado. Para tanto, será necessário definir o melhor arranjo de

espaçamento e época de semeadura, visando aumentar a produção de massa desta leguminosa. Tal fato foi verificado por Amabile et al. (1999), que relataram que os teores e acúmulos de N, P e K em leguminosas são influenciados tanto pela espécie de adubo verde quanto pela época de semeadura.

A menor produção de massa seca na crotalária resultou em menores aporte de P, K, Mg e S em relação ao milho. Tal fato foi verificado por Cazetta et al. (2005) onde somente o aporte de Ca foi semelhante entre crotalária e milheto, sendo a quantidade dos demais macronutrientes aportados ao solo foram superiores no sistema com milheto. Em outubro de 2009, a baixa e semelhante produção de massa seca da planta, aliada com a similaridade nos teores dos nutrientes N, P e K em todos os sistemas, resultou em menores aportes.

Quando se alterou os adubos verdes, em julho de 2010, o consórcio aveia preta e tremoço branco apresentou, em relação à aveia preta solteira, maiores aportes de macronutrientes. Diferentemente, em maio de 2011, foram observadas maiores aportes de P e K na aveia preta em relação aos outros dois sistemas.

Essas diferenças do acúmulo de nutrientes de cada pré-cultivo do adubo verde podem estar relacionadas à produção de massa. Entretanto, é de grande importância observar, que na maioria dos quatro pré-cultivos, os acúmulos de N, K, Ca, Mg e S dos consórcios foram semelhantes ou superiores do que o aporte dos sistemas solteiros.

Na Tabela 4 é verificado que ao final dos quatro pré-cultivos dos adubos verdes, o total aportado ao solo de N, K, Ca, Mg e S nos consórcios foram iguais ou superiores em relação as gramíneas e leguminosas, indicando que o pré-cultivo do consórcio gramínea/leguminosa é a melhor alternativa para produção de grande quantidade de massa com elevado aporte de macronutrientes.

Tabela 4. Acúmulo de macronutrientes em palhadas para uso em plantio direto de quatro pré-cultivos de adubos verdes em região de altitude. INCAPER, Domingos Martins, 2012.

Época	Adubos Verdes	N	P	K	Ca	Mg	S
		kg ha ⁻¹					
Fevereiro (2009)	Milho	261,9 a	55,1 a	333,1 a	58,5 a	27,2 b	11,4 a
	Crotalária	126,8 b	18,6 b	86,8 b	65,8 a	9,8 c	4,0 b
	Milho x Crotalária	287,4 a	26,7 b	319,3 a	83,4 a	30,8 a	12,0 a
Outubro (2009)	Milho	135,3 a	29,5 a	215,9 a	37,2 a	15,8 a	9,5 a
	Crotalária	71,9 b	15,4 b	133,3 b	35,9 a	10,8 a	5,2 a
	Milho/ Crotalária	83,4 b	16,2 b	148,3 b	42,9 a	12,7 a	7,0 a

Julho (2010)	Aveia preta	105,8 c	30,6 b	210,9 b	50,8 b	13,7 c	13,4 b
	Tremoço branco	218,9 b	38,3 a	291,2 a	93,3 a	17,2 b	13,4 b
	Aveia/ Tremoço	274,8 a	45,7 a	339,1 a	91,2 a	24,0 a	22,8 a
Maio (2011)	Aveia preta	188,6 a	25,5 a	230,6 a	45,4 a	10,8 a	11,3 a
	Tremoço branco	189,3 a	18,6 b	85,6 b	47,1 a	11,4 a	10,0 a
	Aveia/ Tremoço	165,8 a	19,2 b	134,5 b	46,0 a	11,1 a	10,1 a
Entrada total de nutrientes	Gramíneas	691,6 b	140,7 a	990,5 a	191,9 b	67,5 a	45,6 a
	Leguminosas	606,9 b	90,9 b	596,9 b	242,1 a	49,2 b	32,6 b
	Gram/ Legum	811,4 a	107,8 b	941,2 a	263,5 a	78,6 a	51,9 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, em cada época, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A evolução da fertilidade do solo, nos seus diversos atributos, se encontra nos gráficos da Figura 1. Observa-se que o pH do solo foi semelhante entre os tratamentos em cada época avaliada e apresentou valores muito próximos ao longo dos anos, concordando com os resultados relatados por Neves et al. (2007), onde nos sistemas de cultivo de café com leguminosas arbóreas, não ocorreu efeito dos tratamentos sobre o pH do solo ao longo do tempo. Os valores de pH próximos à neutralidade eram esperados, por se tratar de um sistema orgânico de produção, que contemplou o uso de adubações orgânicas com composto durante anos anteriores, além da adubação de base durante os experimentos deste trabalho. Este adubo orgânico possui grande capacidade corretiva, por fornecer cátions e reduzir a atividade do H^+ na solução do solo, provocando consequente aumento do pH (SOUZA et al., 2007).

A matéria orgânica do solo (MOS) não diferiu entre os tratamentos nas quatro épocas avaliadas e nem revelou progressão no tempo. Estes efeitos equilibrados se devem ao fato do sistema testemunha, se tratar de cultivo orgânico adubado com composto, que proporciona um equilíbrio com os sistemas de plantio direto sobre palhadas de adubos verdes, nivelando os teores em valores na faixa de 3,5 a 4,5 dag kg^{-1} (Figura 1). Estes dados diferem de Andrade et al. (2012), que relataram aumento de COT em semeadura direta sobre palhas, avaliado num período de 12 anos, em comparação ao plantio convencional apenas com adubação mineral. Esta diferença é compreensível pelo fato destes sistemas utilizarem apenas adubos minerais para a nutrição das plantas, enquanto neste trabalho se empregou composto orgânico como adubo de base em todos os tratamentos. Os resultados obtidos por Dorneles (2011) reforça este argumento, pois ao comparar sistema de plantio direto com plantio convencional, em que se associava dois sistemas de

adubação (mineral e orgânica), concluíram que a adubação orgânica no sistema aumenta os teores de matéria orgânica em relação ao tratamento mineral.

Os teores de fósforo mostraram uma elevação da primeira para a segunda época, mas mantiveram-se no mesmo patamar nos anos seguintes, com alterações inconsistentes, para todos os tratamentos. Estes dados são similares aos observados por Neves et al. (2007), que também observaram que não houve efeitos para os tratamentos de manejo de solo com leguminosas associadas ao cafeeiro, comparado ao cultivo em pleno sol, sobre os teores de P no solo durante 5 anos. Também observaram que, no geral ocorreu aumento de P até o segundo ano, com pequenas alterações nos teores nos anos seguintes, semelhante aos resultados deste trabalho. A comparação entre os tratamentos revelou que, nas duas primeiras épocas (jun/09 e fev/10) verificaram-se maiores teores de fósforo no sistema com leguminosa solteira, e que nas duas últimas épocas os teores foram similares em todos os tratamentos.

O potássio foi um dos nutrientes mais aportados via adubação verde, entretanto, sua composição no solo não apresentou um comportamento regular de aumento nos tratamentos que utilizaram gramíneas e leguminosas. Ademais, na última época após aproximadamente 2 anos, observou-se que o tratamento testemunha adubado apenas com composto orgânico, revelou teores similares aos tratamentos com pré-cultivo solteiro de gramíneas e leguminosas. Na análise de cada tratamento isoladamente, os teores de K foram variáveis no tempo, o que é explicado pelo fato do íon K^+ ser um cátion monovalente, muito susceptível a perdas por lixiviação em relação a cátions bivalentes, principalmente no verão onde as precipitações são mais intensas, conforme relatado por Neves et al. (2007).

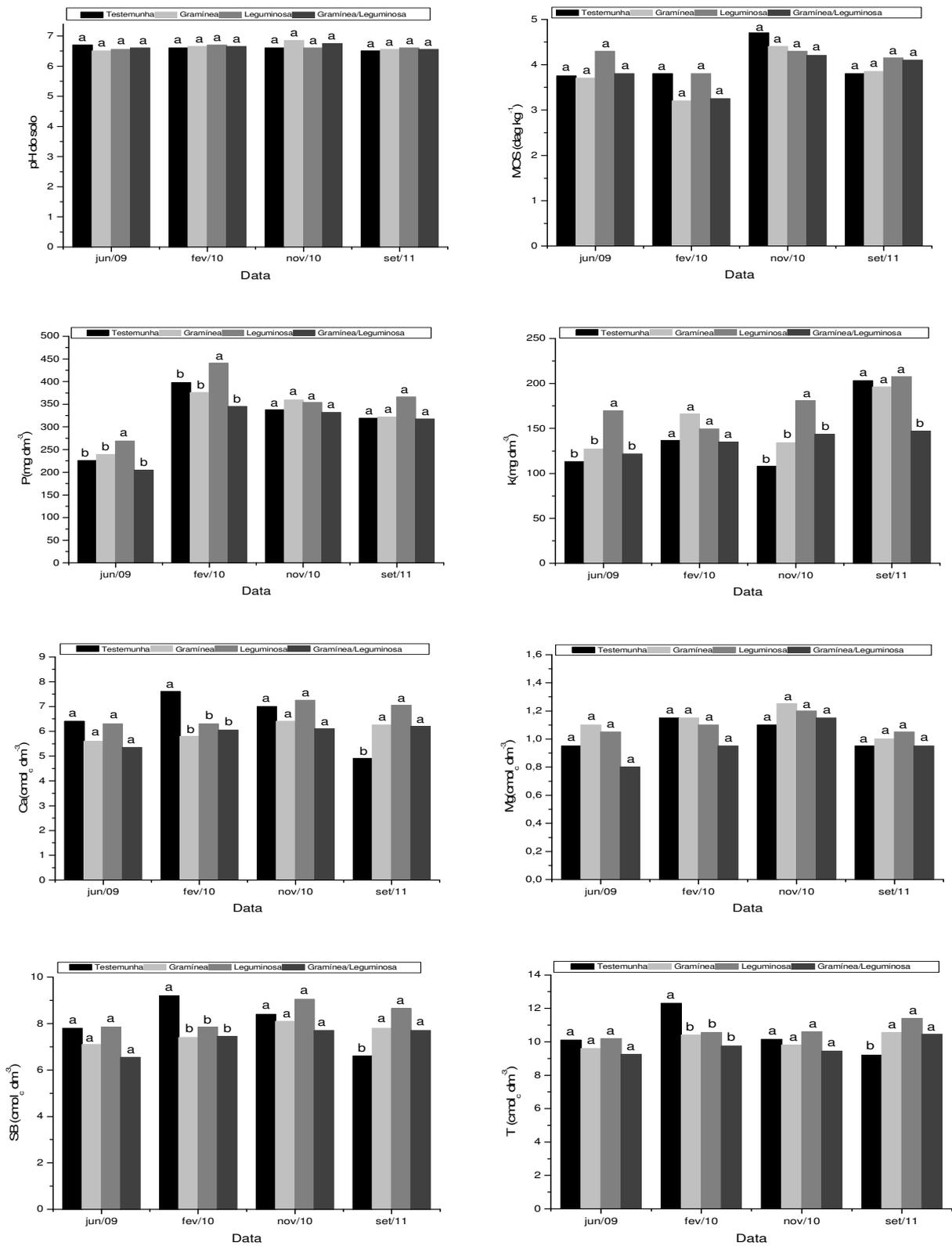


Figura 1. Valores médios dos atributos químicos da fertilidade do solo. Médias seguidas por mesma letra em cada época não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Skott Knott. INCAPER, Domingos Martins, 2012.

As análises do magnésio indicaram que os teores observados em todos os tratamentos e em todas as épocas foram estatisticamente iguais. A soma de bases e a CTC do solo apresentaram um comportamento variável, revelando altos índices, mas sem seguir uma tendência em função dos tratamentos avaliados.

Os resultados do trabalho de Menezes e Silva (2008) durante seis anos, explicam parcialmente os motivos da similaridade nos teores de nutrientes dos solos entre os tratamentos com adubação verde e testemunha com adubação de composto, uma vez que verificaram que a aplicação anual de cama de aviário, combinado ou não com a crotalária, elevou os teores de nutrientes no sistema, comprovando que o fator mais determinante foi o aporte feito pelo adubo orgânico.

Numa análise geral, mesmo existindo variações ao longo dos anos, foram observados altos valores para os atributos da fertilidade do solo, tanto na testemunha quanto nos demais tratamentos, possivelmente devido à adubação de base com composto, neste sistema manejado organicamente há 19 anos. Isto indica que somente a adubação orgânica seja suficiente para manter altos níveis de nutrientes no solo, inclusive estocando nitrogênio de forma eficaz, pelo fato deste elemento ser mantido na forma de N-orgânico, vindo de fixação biológica por leguminosas. Esta inferência é atestada por estudo de Scivittaro et al. (2003), que ao analisarem a dinâmica de nitrogênio marcado ^{15}N em mucuna preta, verificaram que 50% do nitrogênio vindo da adubação verde em pré-cultivo do milho, permanecia no solo após a colheita dos grãos, enquanto na adubação com uréia, apenas 33% permaneciam no sistema. Da mesma forma, Vargas et al. (2011), ao avaliarem um segundo plantio de repolho sobre área pré-cultivada sobre biomassa de crotalária e feijão de porco, comprovaram maiores

efeitos residuais de N nestes sistemas comparados à fonte de adubação mineral.

CONCLUSÕES

Todos os pré-cultivos, nas suas respectivas épocas, indicaram potencial para a produção de palhadas para implantação de plantio direto de hortaliças, exceto a crotalária que nos dois pré-cultivos apresentaram baixa produção de massa. No primeiro ano foi ocasionada pelo semeio tardio de fevereiro e competição com as plantas de milho no consórcio, e no segundo ano, devido à alta precipitação concentrada no início do cultivo.

Para o consórcio milho/crotalária, o semeio simultâneo mostrou-se inadequado, havendo necessidade de avaliação de melhor arranjo e antecipação da semeadura da crotalária, que permita aumentar sua competitividade com o milho, aumentando a produção de massa desta leguminosa no consórcio.

Os quatro pré-cultivos dos adubos verdes consorciados aportaram ao solo 811,4; 941,2; 263,5; 78,6; 51,9 kg ha⁻¹ respectivamente de N, K, Ca, Mg e S, valores estes iguais ou superiores aos pré-cultivos solteiros, sendo excelente opção de manejo para sistemas orgânicos.

Comportamentos semelhantes entre testemunha e pré-cultivos de adubos verdes em todas épocas foram observados para os atributos da fertilidade do solo, possivelmente nivelados pela adubação de base com composto orgânico em todos os tratamentos, como se verifica nos altos índices de fertilidade da área.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro.

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate mass production, nutrient contents and input of green manures used in the altitude region of Espírito Santo to the implementation of appropriate practice no tillage vegetables under organic management. This study also aimed evaluate the evolution of soil fertility as a consequence of two pre-crop maize and crotalária (February 2009 and October 2009) and two pre-crop oat and white lupine (July 2010 and May 2011). The experiments were carried in the INCAPER's Agroecology Reference Area at Domingos Martins-ES. Treatments consisted of a control (no straw) and three straw production systems: 1) cropping of grasses (oats or corn), 2) cropping legume (crotalária or white lupine) and 3) intercropping of grasses/legumes (corn/crotalária or oat/lupine). In February 2009, the production of green mass system corn and corn/crotalária reached 73.6 and 64.5 t ha⁻¹, respectively. In July 2010, the production of green mass systems lupine and oat/Lupin reached 76.3 and 88.3 t ha⁻¹, respectively. The green manures intercropping proved to be excellent management option for organic systems, because added 811.4; 941.2; 263.5; 78.6; 51.9 kg ha⁻¹ of N, K, Ca, Mg and S, respectively, values those at or above the single pre-cultivation. The effects of pre-cultivation of green manure on soil chemical properties in organic management, except for the contribution of nitrogen, were similar to control in all seasons, because of the base fertilization with organic compost in all treatments, maintaining high fertility rates in the area.

KEYWORDS: Organic agriculture. Green manure. Mulching.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. P.; MAFRA, A. L.; PICOLLA, C. D.; ALBUQUERQUE, J. A.; BERTOL, I. Atributos químicos de um Cambissolo Húmico após 12 anos sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, mai, 2012.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes cultivadas em diferentes épocas e densidades num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 837-845, 1999.
- AITA, C.; FRIES, M. R.; GIACOMINI, S. J. Ciclagem de nutrientes no solo com plantas de cobertura e dejetos de animais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24. FertBio. Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2000. CD Rom.
- ALCÂNTARA, F. A. de; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, A. de; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho- Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 175-185, 1995.
- AMABILE, F. A.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 47-54, 2000.
- BARRADAS, C. A. A.; FREIRE, L. R.; ALMEIDA, D. S.; DE-POLLI, H. Comportamento de adubos verdes de inverno na região serrana fluminense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 1461-1468, 2001.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de Aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do Milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 897-903. 2000.
- CAZETTA, D. A.; FILHO, D. F.; GIROTTO, T. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, p. 575-580, 2005.
- DORNELES, E. P. Atributos químicos de argissolo e exportação de nutrientes por culturas sob sistemas de preparo e adubação. 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo) – Curso de Pós-Graduação em Ciência do solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 1997.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR software**: versão 4.6. Lavras: UFLA/DEX, 2007. Software.
- FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J. de; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K. de; MORAES, S. R. G de; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 146-150, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional de plantas, princípios e aplicações**. POTAFOS, Piracicaba, 210p. 1989.
- MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 251-257, 2008.

- NEVES, Y. P.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, C. M.; CECON, P. R. Teor de água e fertilidade do solo com cafeeiros cultivados em sistemas agroflorestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 575-588, 2007.
- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 35-40, 2004.
- SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O. Transformações do nitrogênio proveniente de mucuna-preta e uréia utilizados como adubo na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 1427-1433, 2003.
- SILVA, A. G. da; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M. da.; NETO, J. F. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamona em sucessão no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 2092-2098, 2010.
- SOLINO, A. J. S.; FERREIRA, R. O.; FERREIRA, R. L. F.; NETO, S. E. A.; NEGREIRO, J. R. S. Cultivo orgânico de rúcula em plantio direto sob diferentes tipos de coberturas e doses de composto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, p. 18-24, 2010.
- SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correlação. In: NOVAIS, R.F; ALVAREZ, V. H. A. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. 1.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 205-274, 2007.
- VARGAS, T. O.; DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; LIMA, C. T. A.; URQUIAGA, S.; CECON, P. R. Influência da biomassa de leguminosas sobre a produção de repolho em dois cultivos consecutivos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 29: p. 562-568, 2011.
- YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.