

Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico

Growth and productivity of green corn on different soil covers in an organic no-tillage system

Luiz Fernando Favarato^{1*}, Jacimar Luis Souza¹, João Carlos Cardoso Galvão², Caetano Marciano de Souza², Rogério Carvalho Guarconi¹, José Mauro de Souza Balbino¹

1. Instituto Capixaba de Pesquisa - Assistência Técnica e Extensão Rural - Venda Nova do Imigrante (ES), Brasil.

2. Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Fitotecnia - Viçosa (MG), Brasil.

RESUMO: O cultivo de diferentes espécies de plantas de cobertura possibilita a melhoria e a conservação do solo e da matéria orgânica, além de promover consideráveis aumentos de rendimento nas culturas subsequentes, com significativos ganhos econômicos. Objetivou-se avaliar o crescimento e produtividade de milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto (SPD) orgânico. O trabalho foi disposto em delineamento de blocos casualizados, com 6 repetições e 5 sistemas de produção, constituídos por 3 coberturas de solo no SPD orgânico, com palha de aveia-preta, palha de tremoço-branco e palha do consórcio aveia-preta/tremoço-branco, assim como 2 sistemas sem palhada e com revolvimento do solo, um orgânico e outro convencional. Foram realizadas avaliações de diâmetro do colmo, de altura de planta e da inserção de espiga, nos estádios V5, V10 e R3, número total de espigas comerciais, produtividade total de espigas com palha e sem palha, peso médio de espigas com palha e sem palha, produtividade, peso médio e percentual de espigas comerciais, comprimento e diâmetro de espigas comerciais sem palha. O SPD orgânico sobre a palha de tremoço-branco em solteiro e em consórcio com aveia-preta proporcionou maior crescimento das plantas de milho nos estádios iniciais da cultura. O uso de tremoço-branco solteiro ou em consórcio com aveia-preta apresentou-se como boa opção para formação de palha no SPD orgânico, garantindo crescimento e produtividade satisfatórios para a cultura do milho-verde.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Avena strigosa* Schreb, *Lupinus albus* L., plantas de cobertura.

ABSTRACT: The cultivation of different species of cover crops enables the improvement and conservation of soil and organic matter, in addition to promoting significant yield increases in subsequent crops, with significant economic gains. The objective of this study was to evaluate the growth and productivity of green corn on different soil covers in an organic no-tillage system. The work used a randomized block design, with 6 repetitions and 5 treatments, consisting of 3 soil covers in an organic no-tillage system, with black oat straw, white lupine straw and straw of the intercropping oat/lupine, as well as 2 systems without straw and with revolved soil, an organic one and a conventional. Evaluations of culm diameter, plant height and insertion of the corn ears were carried out, at stages V5, V10 and R3, as well as of total number of marketable ears, the total productivity of ears with and without straw, average weight of ears with and without straw, productivity, average weight and percentage of marketable ears, length and diameter of marketable ears without straw. The organic no-tillage system on the white lupine straw in single and intercropped with black oat provided greater growth of corn plants at the early stages of culture. The use of white lupine single or intercropped with black oat showed itself as good option for straw training in an organic no-tillage system, ensuring satisfactory growth and productivity for the green corn crop.

Key words: *Zea mays*, *Avena strigosa* Schreb, *Lupinus albus* L., cover crops.

*Autor correspondente: luiz.favarato@incaper.es.gov.br

Recebido: 12 nov. 2015 – Aceito: 17 fev. 2016

INTRODUÇÃO

As espigas de milho dentado colhidas no estádio verde são comercializadas em todo o Brasil para consumo de espigas cozidas, assadas ou para processamento como mingau, pamonha, sorvetes, bolos etc. Em 2013, foram comercializadas cerca de 110 mil toneladas de espigas de milho dentado no Brasil, movimentando em torno de 89 milhões de reais. Esse valor representa 6% do volume total de hortaliças-fruto comercializadas no país, classificando o milho-verde como a 10ª hortaliça mais produzida no Brasil (Prohort 2014).

Quando produzidas organicamente, as espigas colhidas no estádio verde podem atingir um valor de venda, em média, 30% maior em comparação ao valor de venda das espigas obtidas no sistema convencional, pois é cada vez maior a procura por alimentos orgânicos, que já estão disponíveis em supermercados, lojas de produtos naturais e feiras (Antoniali et al. 2012).

Entre as tecnologias utilizadas na cultura do milho, ressalta-se o sistema plantio direto (SPD), utilizado com o objetivo principal de reduzir custos de produção, atrelado à necessidade de melhoria na qualidade dos solos e visando a uma produção sustentável (Albuquerque et al. 2013). Esse sistema de manejo conservacionista caracteriza-se pela semeadura em solo minimamente revolvido, pela rotação de cultura e manutenção da palha na superfície (Pereira et al. 2009b).

Entretanto, adotar a prática do plantio direto na palha sem o uso de herbicidas apresenta-se como grande desafio para a pesquisa em agricultura orgânica. Uma alternativa seria a implantação de rotação de culturas com grande produção de matéria vegetal para cobrir o solo, na forma de adubação verde com Poaceae e Fabaceae (Souza e Resende 2014).

De modo geral, os adubos verdes, ou as culturas de cobertura usadas para formar palhada para o SPD, desempenham papel fundamental na ciclagem de nutrientes, tanto daqueles adicionados por meio de fertilizantes minerais — e não aproveitados pelas culturas comerciais — quanto daqueles provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo (Torres et al. 2008). Além disso, o uso de plantas de cobertura sob semeadura direta melhora as propriedades físicas do solo, tais como porosidade, densidade e resistência mecânica à penetração, como verificado numa sucessão de culturas (milho e soja) (Alves e Suzuki 2004).

Dentre as espécies empregadas na produção de palha, as Fabaceae destacam-se por fixarem N_2 atmosférico e apresentarem baixa relação C/N em sua massa, o que, aliado à presença de compostos solúveis e à reduzida quantidade de lignina e polifenóis em seus tecidos (Cobo et al. 2002), favorece a rápida decomposição e mineralização, com expressivo aporte de N ao sistema solo-planta, mas com redução da cobertura do solo, essencial para o SPD (Ferreira et al. 2011; Partelli et al. 2011). Por outro lado, as Poaceae contribuem com quantidades relativamente elevadas de matéria seca, caracterizando-se pela alta relação C/N, o que pode aumentar a persistência da cobertura do solo, porém com frequentes problemas em decorrência da imobilização de N (Perin et al. 2004).

Com ênfase na dinâmica do N e na manutenção da palha no SPD, Giacomini et al. (2004) argumentam que o ideal seria uma palha com relação C/N do resíduo vegetal intermediária (17,5 a 30) para ocorrer um equilíbrio entre a manutenção da cobertura do solo (dada pela persistência dos restos vegetais) e a disponibilização de N para as lavouras subsequentes. Segundo os autores, isso seria possível com o consórcio entre Poaceae e Fabaceae.

Lázaro et al. (2013), trabalhando com diferentes plantas de cobertura de solo em cultivo solteiro e consorciado no SPD de milho, concluíram que o milho cultivado sobre palhada de aveia-preta + tremoço-branco foi o mais produtivo, obtendo $10.817 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Essa resposta pode ser atribuída à melhor sincronia de liberação de N pela palhada e absorção pela cultura (Silva et al. 2007). Dessa forma, objetivou-se avaliar o crescimento e a produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no SPD orgânico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de Domingos Martins, Estado do Espírito Santo (lat $20^{\circ}22'16.91''\text{S}$ e long $41^{\circ}03'41.83''\text{O}$), a uma altitude de 950 m. Na Figura 1, são apresentados os dados de precipitação e temperatura durante a condução do experimento.

A presente pesquisa foi desenvolvida em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico argiloso (Embrapa 1999). A área encontra-se sob manejo em SPD desde 2009, sendo dividida em faixas isoladas fisicamente por placas de concreto enterradas a 0,40 m de profundidade, nas quais se realizaram anteriormente os cultivos sucessivos de repolho sobre plantas

→

de cobertura de verão (crotalaria, milho e consócio de ambas as espécies) e de berinjela sobre plantas de cobertura de inverno (tremoço-branco, aveia-preta e consócio de ambas as espécies).

O experimento foi realizado no período de Julho de 2013 a Fevereiro de 2014, e a caracterização química do solo antes da semeadura do milho, na profundidade de 0 – 20 cm, está apresentada na Tabela 1.

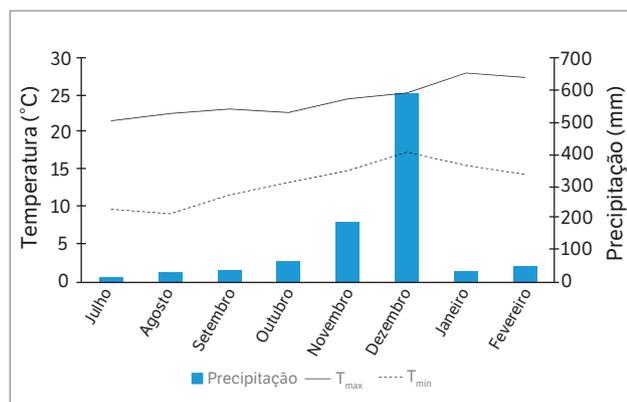


Figura 1. Precipitação (mm) e temperaturas máxima e mínima (°C) durante a realização do experimento — Julho de 2013 a Fevereiro de 2014.

Tabela 1. Valores médios das características químicas na camada de 0 – 20 cm antes do cultivo do milho-verde.

Atributos	G	L	G + L	SO	SC
pH H ₂ O	6,9	6,9	6,9	6,8	6,5
P (mg·dm ⁻³)	662,3	729,0	682,7	592,3	159,7
K (mg·dm ⁻³)	216,2	197,2	147,8	150,7	200,3
Ca (cmol _c ·dm ⁻³)	5,8	6,0	5,6	6,8	4,0
Mg (cmol _c ·dm ⁻³)	1,2	1,2	1,2	1,1	0,7
Al (cmol _c ·dm ⁻³)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al (cmol _c ·dm ⁻³)	2,2	2,0	2,2	2,0	2,8
SB (cmol _c ·dm ⁻³)	7,6	7,8	7,3	8,4	5,3
t (cmol _c ·dm ⁻³)	7,6	7,8	7,3	8,4	5,3
T (cmol _c ·dm ⁻³)	9,8	9,9	9,5	10,4	8,3
V (%)	77,2	79,5	76,5	81,0	64,5
MO (dag·kg ⁻¹)	4,0	4,6	4,1	4,1	3,8
Zn (mg·dm ⁻³)	23,2	38,2	41,3	26,0	13,2
Fe (mg·dm ⁻³)	85,2	83,5	89,2	90,0	158,7
Mn (mg·dm ⁻³)	36,8	41,5	35,2	41,3	42,2
Cu (mg·dm ⁻³)	2,1	2,1	2,0	2,4	3,5
B (mg·dm ⁻³)	0,2	0,4	0,2	0,3	0,2

G = SPD orgânico com palha de Poaceae; L = SPD orgânico com palha de Fabaceae; G + L = SPD orgânico com palha de Poaceae + Fabaceae; SC = Sistema convencional sem palha; SO = Sistema orgânico sem palha; MO = Matéria orgânica; V = Saturação por bases; T = CTC total; t = CTC; SB = Soma de bases.

O experimento foi disposto em delineamento de blocos casualizados, com 6 repetições e 5 tratamentos, totalizando 30 parcelas experimentais com dimensões de 6,0 × 4,0 m, com área total de 24,0 m² e área útil de 16,0 m². Os tratamentos foram constituídos por 3 coberturas de solo no SPD orgânico (G: SPD orgânico com palha de Poaceae; L: SPD orgânico com palha de Fabaceae; G + L: SPD orgânico com palha de Poaceae + Fabaceae) e 2 sistemas sem cobertura e com revolvimento do solo, sendo um orgânico e outro convencional (SO: sistema orgânico sem palha; SC: sistema convencional sem palha). Para os tratamentos com cobertura de solo, foram utilizadas uma Poaceae (aveia-preta *Avena strigosa* Schreb), uma Fabaceae (tremoço-branco *Lupinus albus* L.) e o consócio com ambas as espécies.

As plantas de cobertura foram semeadas no dia 10/7/2013, espaçadas de 0,33 m entrelinhas em parcelas de 4 m de largura e 6 m de comprimento, tanto nos cultivos solteiros quanto no consócio. A densidade de sementes nos sistemas solteiros foi de: 144 g por parcela para a aveia-preta (60 kg·ha⁻¹) e 204 g por parcela para o tremoço-branco (85 kg·ha⁻¹). Nos consórcios, as densidades de semeadura e os gastos de sementes foram reduzidos pela metade, devido aos plantios serem realizados em linhas alternadas. Foram realizadas irrigações e capinas nas entrelinhas das plantas de cobertura conforme a necessidade.

Aos 98 dias após a semeadura das plantas de cobertura, foi realizada a roçada das mesmas com roçadora costal motorizada. Em seguida, procedeu-se à adubação orgânica com a aplicação de composto orgânico (Tabela 2) na dose de 1,5 kg·m⁻² (matéria seca) distribuído uniformemente, a lanço, sobre todas as parcelas experimentais sob manejo orgânico, precedendo a semeadura do milho. Não houve emprego da adubação suplementar em cobertura para as parcelas sob cultivo orgânico, visando compreender o efeito do N das palhadas.

Nas parcelas com cultivo convencional sem cobertura do solo, a adubação de plantio para o milho foi realizada com 800 kg·ha⁻¹ do formulado 04-14-08. Aos 35 dias após a emergência do milho, foi feita uma adubação de cobertura com 100 kg·ha⁻¹ de N com a aplicação de sulfato de amônio, a lanço, nas parcelas.

O híbrido AG 1051, com aptidão para consumo na forma de milho-verde, foi semeado no dia 18/10/2013 com auxílio de semeadora manual apropriada para o SPD da marca comercial Fitarelli®, adotando-se o espaçamento de 1,00 m nas entrelinhas e 0,20 m entre as plantas, com densidade

de 3 sementes por cova. Posteriormente, foi desbastado para uma planta por cova, estabelecendo-se uma população de 50.000 plantas·ha⁻¹.

Aos 25 e 45 dias após a emergência, foram realizadas capinas nas entrelinhas do milho nas parcelas sob sistema orgânico e convencional e irrigações conforme a necessidade. Aos 25, 45 e 95 dias da emergência das plantas de milho, respectivamente, nos estádios de 5 folhas (V5), 10 folhas (V10) e grãos leitosos (R3), foram realizadas — em 14 plantas identificadas aleatoriamente na área útil da parcela — as seguintes avaliações: diâmetro do colmo e altura de planta até a inserção da 5ª, da 10ª e da última folha (folha-bandeira) e mensuração da altura de inserção de espiga.

No estádio R3, as espigas foram colhidas e avaliadas quanto ao número total e comercial de espigas por ha, produtividade total de espigas com palha e sem palha (kg·ha⁻¹), peso médio de espigas com palha e sem palha (g), produtividade de espigas comerciais sem palha (kg·ha⁻¹), peso médio de espigas comerciais sem palha (g), percentual de produtividade de espigas comerciais, comprimento e diâmetro médios de espigas comerciais sem palha.

Foram consideradas espigas comerciais sem palha aquelas com comprimento superior a 15,0 cm, conforme Moreira et al. (2010), e com diâmetro médio superior a 4,0 cm, granadas e isentas de injúrias causadas por insetos-praga e doenças.

Os dados de percentual de produtividade de espigas comerciais foram transformados pela função, sendo submetidos, junto às demais características avaliadas, à análise de variância e ao teste de Scott-Knott a $p > 0,05$ de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca das coberturas de aveia-preta, tremoço-branco e do consórcio com ambas as espécies foi, respectivamente, 5.695, 6.280 e 7.133 kg·ha⁻¹. Esses valores apresentam-se próximos aos 6.000 kg·ha⁻¹ propostos por Alvarenga et al. (2001), que consideram essa quantidade suficiente para se obter boa cobertura do solo e, conseqüentemente, a manutenção do plantio direto.

Crescimento do milho

As características agronômicas altura de planta, altura de inserção de espiga e diâmetro do colmo do milho-verde

apresentaram diferença significativa entre os tratamentos em todos os estádios avaliados. No estádio V5 (Tabela 3), observa-se que o grupo formado pelos tratamentos SPD orgânico sobre a palha de tremoço-branco em monocultivo e consorciado com aveia-preta difere do grupo formado pelos tratamentos SPD orgânico sobre palha de aveia-preta, sistema orgânico e sistema convencional, apresentando maiores valores de altura de planta e diâmetro do colmo. Esse resultado pode estar relacionado à taxa de decomposição da palhada, visto que o uso de Fabaceae como plantas de cobertura propicia um aporte de N atmosférico ao sistema, via fixação simbiótica (Cruz et al. 2008; Pereira et al. 2009a), reduzindo a relação C/N da palhada, elevando a taxa de decomposição desta e, conseqüentemente, proporcionando liberação mais rápida de nutrientes, com destaque para o N (Ferreira et al. 2011; Partelli et al. 2011). Além disso, o uso de plantas de cobertura consorciadas (Poaceae e Fabaceae) promove melhor sincronia entre a liberação de N e a absorção pelas plantas de milho (Perin et al. 2006), favorecendo o crescimento destas. Fontanetti et al. (2007) e Santos et al. (2010) obtiveram maior altura de plantas em decorrência do uso de Fabaceae antecedendo a cultura do milho e alegaram que isso pode ter ocorrido devido à maior exigência deste por N nos primeiros estádios de seu desenvolvimento. Dessa forma, a rápida decomposição das Fabaceae (baixa relação C/N) pode ter influenciado essa disponibilidade. Silva et al. (2006) compararam culturas antecessoras e doses de N e observaram maior altura de planta quando o milho foi semeado após a ervilhaca peluda (Fabaceae) e menor altura após aveia-preta (Poaceae), comprovando o benefício do uso de Fabaceae como plantas de cobertura.

No estádio V10 de desenvolvimento do milho, observa-se a formação de 3 grupos distintos, tanto para a característica altura de planta quanto para diâmetro do colmo (Tabela 3). Para altura de planta, o grupo formado pelos tratamentos sistema orgânico, SPD orgânico sobre palha de tremoço-branco e consórcio aveia-preta/tremoço-branco apresentou valores superiores aos dos tratamentos SPD orgânico sobre palha de aveia-preta e sistema convencional.

Esse resultado pode estar relacionado à imobilização do N pelos microrganismos para decompor a palha de aveia-preta, devido a sua relação C/N (30/1) apresentar-se superior à das palhas de tremoço-branco (18/1) e do consórcio aveia-preta/tremoço-branco (21/1). Segundo Lobo et al. (2012), para que ocorra a mineralização do N, a relação C/N tem de estar abaixo de 20/1; entre 20 e 30, a mineralização e a

→

imobilização estarão em equilíbrio e, acima de 30, ocorrerá a imobilização do N, ou seja, os microrganismos irão utilizar o N do solo para que possam decompor a palhada.

Para o tratamento sistema convencional, as médias inferiores em relação aos demais, observadas tanto para altura de planta quanto para diâmetro do colmo no estágio V10 (Tabela 3), podem ser explicadas pelo pouco N ofertado no plantio, via 04-14-08 (32 kg·ha⁻¹), que volatiliza rápido pelas fontes minerais, além do fato de a adubação de cobertura com N na dose de 100 kg·ha⁻¹ ter sido feita aos 35 dias após a emergência do milho. Nessa ocasião, as plantas de milho encontravam-se no estágio de desenvolvimento V10, ou seja, na mesma época em que foram avaliadas.

Para diâmetro do colmo no estágio V10, nota-se que o grupo formado pelos tratamentos SPD orgânico sobre palha de tremoço-branco em monocultivo e consorciado com aveia-preta apresentaram valores superiores em comparação com os demais grupos, fato atribuído ao uso de uma Fabaceae na palhada.

De acordo com Silva et al. (2006), para o mesmo material genético e as mesmas condições climáticas, a altura da planta do milho é um parâmetro que expressa o desenvolvimento da cultura e tem correlação positiva com a produtividade. Ou seja, plantas maiores tendem a ser mais produtivas, provavelmente porque acumulam maiores quantidades de reservas no colmo. Portanto, a altura de plantas, associada

ao diâmetro do colmo, mostram-se aspectos importantes para o rendimento da cultura.

Segundo Andreotti et al. (2001), maior diâmetro de colmo das plantas de milho a partir do estágio V6 pode ser correlacionado com maior espaço físico para o acúmulo de nutrientes absorvidos e fotoassimilados, produzidos durante a fase vegetativa, que serão utilizados na fase reprodutiva para o enchimento dos grãos, além de propiciar plantas resistentes ao acamamento e ao quebraamento.

Além disso, plantas de milho com maior estatura terão vantagens competitivas sobre as plantas daninhas, pois proporcionarão o sombreamento destas, reduzindo a sua taxa de crescimento e, conseqüentemente, diminuindo a competição por água, luz e nutrientes. Isso implicará menos roçadas, reduzindo os custos de produção do sistema (Freitas et al. 2008).

No estágio R3, observam-se resultados semelhantes para as características altura de planta e altura de inserção de espiga, com valores superiores para o grupo formado pelos tratamentos sistema orgânico e SPD orgânico sobre palha de tremoço-branco (Tabela 3). Esse resultado pode estar relacionado ao uso de Fabaceae como palhada no SPD orgânico, que, devido às suas características de baixa relação C/N, elevada concentração de compostos solúveis e baixos conteúdos de ligninas e polifenóis, pode favorecer a rápida decomposição microbiológica da palhada (Cobo et al. 2002),

→

Tabela 2. Composição do composto orgânico usado nas adubações.

Produto	MO (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	33	13/1	7,8	1,5	0,7	1,7	1,8	0,3	92	100	15.100	281	32

Tabela 3. Médias das características altura de planta, diâmetro do colmo e altura de espiga nos estádios V5, V10 e R3 do milho.

Tratamento	Altura de planta (cm)			Diâmetro (cm)			Altura de espiga (cm)
	V5	V10	R3	V5	V10	R3	
SC	14,54b	46,85c	261,51b	2,05b	2,93c	2,58c	163,88b
SO	16,92b	63,08a	273,11a	2,14b	3,54b	3,17b	168,66a
G	15,77b	53,65b	259,31b	2,07b	3,44b	3,14b	159,57b
L	19,20a	67,75a	276,36a	2,46a	3,74a	3,34a	169,98a
G + L	19,33a	62,94a	258,87b	2,36a	3,71a	3,33a	159,35b
Média	17,15	58,85	265,83	2,22	3,47	3,11	164,28
CV (%)	6,82	7,35	2,93	6,17	5,23	3,6	3,53

Médias seguidas de uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. SC = Sistema convencional sem palha; SO = Sistema orgânico sem palha; G = SPD orgânico com palha de Poaceae; L = SPD orgânico com palha de Fabaceae; G + L = SPD orgânico com palha de Poaceae + Fabaceae

proporcionando a liberação quase total do N durante os 95 dias após o manejo (estádio R3 do milho).

No caso do sistema orgânico, dada a sua característica de manejo com o revolvimento do solo, pode ter elevado a taxa de mineralização da matéria orgânica do solo (MOS), com conseqüente liberação de N, o que provavelmente favoreceu o crescimento do milho. Segundo Bayer et al. (2000), a taxa de decomposição da MOS em sistema de preparo convencional aumenta em praticamente o dobro em comparação ao SPD.

Já para o diâmetro do colmo, observa-se que os maiores valores foram obtidos nas plantas de milho cultivadas no SPD orgânico sobre palhada de tremoço-branco e consórcio aveia-preta/tremoço-branco, superando o grupo dos tratamentos SPD orgânico sobre palha de aveia-preta e sistema orgânico, bem como o tratamento sistema convencional (Tabela 3).

Conte e Prezotto (2008), avaliando o efeito das plantas de cobertura mucuna-branca, feijão-guandu, estilosantes e feijão-de-porco, utilizadas como adubos verdes, concluíram que o diâmetro do colmo é influenciado pela adubação verde e que o uso do feijão-de-porco proporcionou maior diâmetro do colmo.

O estágio R3, ou grãos leitosos, representa o início da transformação dos açúcares em amido, contribuindo, assim, para o incremento do teor de matéria seca. Tal incremento ocorre devido à translocação dos fotoassimilados presentes nas folhas e no colmo para a espiga e grãos em formação (Sangoi et al. 2010). Dessa forma, nessa fase, plantas com maior estatura e diâmetro do colmo tendem a apresentar maiores quantidades de reservas, favorecendo a produtividade (Silva et al. 2006; Andreotti et al. 2001).

Produtividade do milho

Para os componentes de produção, observa-se na Tabela 4 que o número total de espigas não diferiu entre os tratamentos, apresentando valores abaixo da população de plantas almeçadas. As plantas de milho cultivadas no SPD orgânico sobre a palhada de aveia-preta apresentaram menores valores para as características número de espigas comerciais, produtividade de espigas totais e comerciais com palha e despalhadas e peso médio de espigas com palha e sem palha (Tabela 4,5). Esse comportamento pode ser atribuído à elevada razão C/N dos resíduos da aveia-preta, que imobiliza boa parte do N do solo, pela ação dos microrganismos que atuam na decomposição de resíduos, reduzindo a disponibilidade desse nutriente no solo e, conseqüentemente, no milho (Silva et al. 2007).

Carvalho et al. (2004), trabalhando com o mesmo híbrido utilizado neste estudo, em sistema orgânico de produção, obtiveram média de produtividade de 10.000 kg·ha⁻¹ de espigas despalhadas, quando o milho foi cultivado sobre palhada de Fabaceae, semelhante à média obtida no presente trabalho (11.230 kg·ha⁻¹), patamar este que se encontra dentro da média brasileira, que, segundo Albuquerque et al. (2008), situa-se entre 9.000 e 15.000 kg·ha⁻¹ de espigas despalhadas.

Cabe aqui salientar que, apesar de apresentar menor produtividade de espigas, o tratamento com SPD sobre palha da Poaceae, aveia-preta, pode trazer o benefício de suprimir o crescimento de plantas daninhas, dada a sua característica de elevada relação C/N (30/1), que propicia maior tempo de permanência sobre o solo (Favarato et al. 2014).

Tabela 4. Médias das características número total de espigas·ha⁻¹, número de espigas comerciais·ha⁻¹, produtividade total de espigas com palha e peso médio de espiga com palha.

Tratamento	NTE	NEC	PTECP (kg·ha ⁻¹)	PMECP (g)
SC	46.354a	36.979a	16.877a	364a
SO	48.437a	40.312a	18.317a	378a
G	43.958a	31.562b	14.879b	341b
L	48.854a	38.958a	17.770a	364a
G + L	45.416a	37.604a	16.650a	366a
Média	46.603	37.083	16.898	363
CV (%)	7,98	12,44	7,40	5,32

Médias seguidas de uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. NTE = Número total de espigas ha⁻¹; NEC = Número de espigas comerciais·ha⁻¹; PTECP = Produtividade total de espigas com palha (kg·ha⁻¹); PMECP = Peso médio de espiga com palha (g); SC = Sistema convencional sem palha; SO = Sistema orgânico sem palha; G = SPD orgânico com palha de Poaceae; L = SPD orgânico com palha de Fabaceae; G + L = SPD orgânico com palha de Poaceae + Fabaceae.

Aita et al. (2001) e Heinrichs et al. (2001) observaram que, quando a aveia-preta é utilizada como planta de cobertura do solo, há redução na produtividade de grãos em relação ao cultivo do milho após pousio, fato atribuído à diminuição na disponibilidade de N no solo pela imobilização microbiana. Por esse motivo, Silva et al. (2007) mencionam que o consórcio de aveia-preta com Fabaceae aumenta a disponibilidade de N no sistema e o tempo de permanência de resíduos na superfície do solo.

De acordo com Silva et al. (2007), sob baixa disponibilidade de N no solo, para a cultura do milho, as consorciações de uma Poaceae com uma espécie da família das Fabaceae, no inverno, de uma forma geral, aumentam o rendimento dos grãos de milho em relação à sucessão à aveia-preta em cultivo isolado, por causa da sincronia entre a liberação de N pela palhada e a absorção deste pelo milho (Perin et al. 2006).

Silva et al. (2009), ao avaliarem o aproveitamento de N pelo milho, em razão da adubação verde com crotalária e milheto, concluíram que o aproveitamento do N da palha de crotalária pelo milho foi maior que o da palha de milheto. Os restos culturais representam importante reserva de nutrientes na superfície do solo, pois podem promover disponibilização lenta e gradual, conforme a interação entre fatores climáticos, principalmente precipitação pluvial e temperatura, atividade biológica do solo e características inerentes à planta de cobertura (Oliveira et al. 2002). Porém, quando o N é liberado tardiamente, a produtividade da cultura em sucessão torna-se prejudicada (Santos et al. 2010).

Na Tabela 6, observa-se que o percentual de produtividade de espigas comerciais é semelhante aos

resultados de produtividade de espigas comerciais sem palha (Tabela 5) com o grupo formado pelos tratamentos sistema convencional, sistema orgânico e SPD orgânico sobre palha de tremoço-branco e do consórcio aveia-preta/tremoço-branco, apresentando maiores valores comparados ao tratamento SPD sobre palha de aveia-preta; tais resultados são influenciados pelo menor número de espigas classificadas como comerciais.

Para os valores de comprimento médio de espigas comerciais, nota-se que as espigas colhidas no tratamento de SPD sobre palha de tremoço-branco apresentaram maior comprimento, diferindo do grupo formado pelos demais tratamentos. Já para o diâmetro médio de espigas comerciais, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6. Médias das características percentual de produtividade de espigas comerciais, comprimento e diâmetro médios de espigas comerciais sem palha.

Tratamento	Produtividade de espigas comerciais (%)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)
SC	88,25a	20,76b	4,78a
SO	90,88a	20,78b	4,85a
G	82,53b	19,99b	4,78a
L	87,95a	21,96a	4,83a
G + L	89,31a	20,85b	4,79a
Média	87,78	20,86	4,80
CV (%)	4,80	3,10	1,77

Médias seguidas de uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. SC = Sistema convencional sem palha; SO = Sistema orgânico sem palha; G = SPD orgânico com palha de Poaceae; L = SPD orgânico com palha de Fabaceae; G + L = SPD orgânico com palha de Poaceae + Fabaceae.

Tabela 5. Médias das características produtividade total de espigas sem palha, produtividade de espigas comerciais sem palha, peso médio de espigas sem palha e peso médio de espigas comerciais sem palha.

Tratamento	PTED (kg·ha ⁻¹)	PECD (kg·ha ⁻¹)	PMED (g)	PMECD (g)
SC	10.946a	9.668a	236a	261a
SO	12.006a	10.914a	247a	270a
G	9.324b	7.703b	213b	247a
L	11.230a	9.863a	229a	254a
G + L	10.569a	9.438a	232a	251a
Média	10.815	9.517	231	257
CV (%)	8,29	10,88	6,10	7,97

Médias seguidas de uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. PTED = Produtividade total de espigas sem palha (kg·ha⁻¹); PECD = Produtividade de espigas comerciais sem palha (kg·ha⁻¹); PMED = Peso médio de espiga sem palha (g); PMECD = Peso médio de espigas comerciais sem palha (g); SC = Sistema convencional sem palha; SO = Sistema orgânico sem palha; G = SPD orgânico com palha de Poaceae; L = SPD orgânico com palha de Fabaceae; G + L = SPD orgânico com palha de Poaceae + Fabaceae.

Lourente et al. (2007) e Santos et al. (2010) constataram que a adubação verde influenciou de forma significativa o diâmetro e o comprimento de espigas. Ohland et al. (2005), ao estudarem a influência de culturas de cobertura do solo, verificaram que o milho semeado após a ervilhaca peluda proporcionou incrementos no diâmetro da espiga, diferindo significativamente da sucessão nabo forrageiro/milho. De acordo com Ohland et al. (2005), o comprimento e o diâmetro de espiga são características que determinam o potencial de produtividade da cultura do milho. O diâmetro de espiga está estreitamente relacionado com enchimento de grãos e número de fileiras de grãos por espiga, que também é influenciado pelo genótipo.

REFERÊNCIAS

- Aita, C., Basso, C. J., Cereta, C. A., Gonçalves, C. N. e Da Ros, C. O. (2001). Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25, 157-165. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000100017>.
- Albuquerque, A. W., Santos, J. R., Moura Filho, G. e Reis, L. S. (2013). Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17, 721-726. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000700005>.
- Albuquerque, C. J. B., von Pinho, R. G. e Silva, R. (2008). Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. *Bioscience Journal*, 24, 69-76.
- Alvarenga, R. C., Lara-Cabezas, W. A., Cruz, J. C. e Santana, D. P. (2001). Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. *Informe Agropecuário*, 22, 25-36.
- Alves, M. C. e Suzuki, L. E. A. S. (2004). Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. *Acta Scientiarum*, 26, 27-34. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v26i1.1953>.
- Andreotti, M., Rodrigues, J. D., Crusciol, C. A. C., Souza, E. C. A. e Büll, L. T. (2001). Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. *Scientia Agrícola*, 58, 145-150. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162001000100022>.
- Antoniali, S., Santos, N. C. B. e Nachiluk, K. (2012). Milho-verde orgânico: produção e pós-colheita. *Pesquisa & Tecnologia*, 9, 1-6.
- Bayer, C., Mielniczuk, J., Amado, T. J. C., Martin Neto, L. e Fernandes, S. V. (2000). Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, 54, 101-109. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00090-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00090-8).
- Carvalho, M. A. C., Soratto, R. P., Athayde, M. L. F., Arf, O. e Sá, M. E. (2004). Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39, 47-53. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X200400010000>.
- Cobo, J. G., Barrios, E., Kass, D. C. L. e Thomas, R. J. (2002). Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant and Soil*, 240, 331-342. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1015720324392>.
- Conte, A. M. C. e Prezotto, A. (2008). Desempenho agrônomico do milho em sistema de adubação verde. *Agrarian*, 1, 35-44.
- Cruz, S. C. S., Pereira, F. R. S., Santos J. R. e Albuquerque, A. W. (2008). Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho irrigado em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12, 370-375. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000400006>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999). Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA.
- Favarato, L. F., Galvão, J. C. C., Souza, J. L., Guarçoni, R. C., Souza, C. M. e Cunha, D. N. (2014). Population density and weed infestation in organic no-tillage corn cropping system under different soil

CONCLUSÃO

O SPD orgânico do milho sobre a palha de tremoço-branco em monocultivo e em consórcio com aveia-preta proporcionou maior crescimento das plantas nos estádios iniciais da cultura.

O uso de tremoço-branco solteiro ou em consórcio com aveia-preta apresentou-se como boa opção para a formação de palha no SPD orgânico, garantindo o crescimento e a produtividade satisfatória para a cultura do milho-verde.

A imobilização do N com o uso da palha de aveia-preta no SPD orgânico limitou o crescimento das plantas e o potencial produtivo do milho-verde.

- covers. *Planta Daninha*, 32, 739-746. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582014000400008>.
- Ferreira, E. P. B., Stone, L. F., Partelli, F. L. e Didonet, A. D. (2011). Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15, 695-701.
- Fontanetti, A., Galvão, J. C. C., Santos, I. C., Santos, M. M., Chiovato, M. G., Adriano, R. C. e Oliveira, L. R. (2007). Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o milho safrinha em sistema de plantio direto orgânico. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2, 1174-1177.
- Freitas, F. C. L., Santos, M. V., Machado, A. F. L., Ferreira, L. R., Freitas, M. A. M. e Silva, M. G. O. (2008). Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de foramsulfuron + iodosulfuron-methyl para o manejo da forrageira. *Planta Daninha*, 26, 215-221. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000100022>.
- Giacomini, S. J., Aita, C., Chiapinotto, I. C., Hubner, A. P., Marques, M. G. e Cadore, F. (2004). Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28, 751-762. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000400015>.
- Heinrichs, R., Aita, C., Amado, T. J. C. e Fancelli, A. L. (2001). Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C:N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25, 331-340. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000200010>.
- Lázaro, R. D. L., Costa, A. C. T., Silva, K. F., Sarto, M. V. M. e Duarte Júnior, J. B. (2013). Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43, 10-17.
- Lobo, T. F. e Grassi Filho H., Bull, L. T. (2012). Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. *Bioscience Journal*, 28, 224-234.
- Lourente, E. R. P., Ontocelli, R., Souza, L. C. F., Gonçalves, M. C., Marchetti, M. E. e Rodrigues, E. T. (2007). Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. *Acta Scientiarum Agronomy*, 29, 55-61. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v29i1.66>.
- Moreira, J. N., Silva, P. S. L., Silva, K. M. B., Dombroski, J. L. D. e Castro, R. S. (2010). Effect of detasseling on baby corn, green ear and grain yield of two maize hybrids. *Horticultura Brasileira*, 28, 406-411. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000400005>.
- Ohland, R. A. A., Souza, L. C. F., Hernani, L. C., Marchetti, M. E. e Gonçalves, M. C. (2005). Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. *Ciência Agrotécnica*, 29, 538-544.
- Oliveira, T. K., Carvalho, G. J. e Moraes, R. N. S. (2002). Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 1079-1087.
- Partelli, F. L., Vieira, H. D., Ferreira, E. P. B., Viana, A. P., Espindola, J. A. A., Urquiaga, S. e Boddey, R. M. (2011). Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee. *Semina: Ciências Agrárias*, 32, 995-1006. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n3p995>.
- Pereira, R. G., Albuquerque, A. W., Cunha, J. L. X. e Paes, R. A. (2009a). Atributos químicos do solo influenciados por sistemas de manejo. *Revista Caatinga*, 22, 78-84.
- Pereira, R. G., Albuquerque, A. W. e Madalena, J. A. S. (2009b). Influência dos sistemas de manejo do solo sobre os componentes de produção do milho e *Brachiaria decumbens*. *Revista Caatinga*, 22, 64-71.
- Perin, A., Santos, R. H. S., Urquiaga, S., Guerra, J. G. M. e Cecon, P. R. (2004). Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39, 35-40. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000100005>.
- Perin, A., Santos, R. H. S., Urquiaga, S., Guerra, J. G. M. e Cecon, P. R. (2006). Sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. *Scientia Agricola*, 63, 453-459. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162006000500006>.
- Prohort (2014). Programa brasileiro de modernização do mercado hortigranjeiro; [acessado 20 Out. 2014]. <http://dw.prohort.conab.gov.br/pentaho/Prohort>
- Sangoi, L., Silva, P. R. F., Argenta, G. e Rambo, L. (2010). Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos. Lages: Graphel.
- Santos, P. A., Silva, A. F., Carvalho, M. A. C. e Caione, G. (2010). Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 9, 123-134.
- Silva, A. A., Silva, P. R. F., Suhre, E., Argenta, G., Strieder, M. L. e Rambo, L. (2007). Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. *Ciência Rural*, 37, 928-935. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000400002>.

Silva, D. A., Vitorino, A. C. T., Souza, L. C. F., Gonçalves, M. C. e Roscoe, R. (2006). Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 5, 75-88.

Silva, E. D., Muraoka, T., Villanueva, F. C. A. e Espinal, F. S. C. (2009). Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. *Pesquisa*

Agropecuária Brasileira, 44, 118-127. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000200002>.

Souza, J. L. e Resende, P. (2014). *Manual de horticultura orgânica*. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil.

Torres, J. L. R., Pereira, M. G. e Fabian, A. J. (2008). Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 3, 421-428.