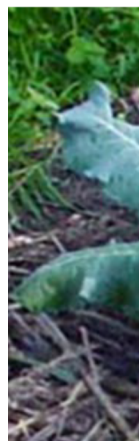


Influência de plantas de cobertura sobre a produção orgânica de brócolis em plantio direto



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
107**

Influência de plantas de cobertura sobre a
produção orgânica de brócolis em plantio direto

*Vinícius Vitói Silva
José Guilherme Marinho Guerra
Raul de Lucena Duarte Ribeiro
Dejair Lopes de Almeida
José Antonio Azevedo Espindola
Fábio Luiz de Oliveira
Rodrigo Modesto Junqueira
Ednaldo da Silva Araújo*

***Embrapa Agrobiologia
Seropédica, RJ
2022***

Unidade Responsável pelo conteúdo:
Embrapa Agrobiologia
Rodovia BR 465, km 7
CEP 23891-000, Seropédica, RJ
Caixa Postal 74.505
Fone: (21) 3441-1500
Fax: (21) 2682-1230
www.embrapa.br/agrobiologia
www.embrapa.br/sac

**Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agrobiologia**

Presidente
Bruno José Rodrigues Alves

Secretária-Executiva
Carmelita do Espírito Santo

Membros
*Claudia Pozzi Jantalia, Janaina Ribeiro Costa
Rouws, Luc Felicianus Marie Rouws, Luis
Cláudio Marques de Oliveira, Luiz Fernando
Duarte de Moraes, Marcia Reed Rodrigues
Coelho, Marta dos Santos Freire Ricci de
Azevedo, Nátia Élen Auras*

Unidade Responsável pela edição:
Embrapa Agrobiologia

Normalização bibliográfica
Carmelita do Espírito Santo CRB 7/5043

Tratamento das ilustrações
Maria Christine Saraiva Barbosa

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Maria Christine Saraiva Barbosa

Foto da capa
José Guilherme Marinho Guerra

1ª edição
Publicação digital – PDF (2022)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Agrobiologia

-
- I143 INFLUÊNCIA de plantas de cobertura sobre a produção orgânica de
brócolis em plantio direto. / Vinícius Vitói Silva [et al.]. — Seropédica:
Embrapa Agrobiologia, 2022.
22 p.: (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 107).
ISSN: 1676-6709.
1. adubação verde. 2. Agricultura orgânica. 3. *Brassica oleracea* var. italica.
I. Silva, Vinícius Vitói. II. Guerra, José Guilherme Marinho. III. Ribeiro, Raul
de Lucena Duarte. IV. Almeida, Dejair Lopes de. V. Espindola, José Antonio
Azevedo. VI. Oliveira, Fábio Luiz de. VII. Junqueira, Rodrigo Modesto. VIII.
Araújo, Ednaldo da Silva. IX. Embrapa Agrobiologia. X. Série.

635.046
CDD 23. ed.

Sumário

Resumo	7
Abstract	9
Introdução	10
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	14
Conclusões	21
Referências Bibliográficas	21

Influência de plantas de cobertura sobre a produção orgânica de brócolis em plantio direto

Vinícius Vitói Silva¹

José Guilherme Marinho Guerra²

Raul de Lucena Duarte Ribeiro³

Dejair Lopes de Almeida²

José Antonio Azevedo Espindola²

Fábio Luiz de Oliveira⁴

Rodrigo Modesto Junqueira⁵

Ednaldo da Silva Araújo²

Resumo – O trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes plantas de cobertura do solo, cultivadas isoladamente ou consorciadas, sobre o desempenho de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) em plantio direto e sistema orgânico de produção. Os experimentos foram conduzidos em dois anos consecutivos, no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (“Fazendinha Agroecológica Km 47”), localizado no município de Seropédica, Região Metropolitana do estado do Rio de Janeiro. Em ambos os experimentos utilizou-se delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. No primeiro experimento os tratamentos consistiram de pré-cultivos de crotalária (*Crotalaria juncea*), milheto ‘BN 2’ (*Penisetum glaucum*), sorgo ‘BRS 800’ (*Sorghum bicolor*) e da vegetação espontânea (com predomínio de *Cyperus* sp.). No segundo experimento, instalado em sucessão na mesma área do anterior, o milheto foi substituído pelo consórcio entre crotalária e sorgo. A biomassa produzida pelas plantas de cobertura variou entre 7,3 e 10,7 Mg ha⁻¹. A palhada oriunda do consórcio entre crotalária e sorgo apresentou acumulação e liberação de nutrientes, com uma taxa de decomposição mais lenta. Crotalária e milheto revelaram maior capacidade de restringir a

¹ PESAGRO-RIO, Estação Experimental de Nova Friburgo, Rua Euclides Solon de Pontes, 130, CEP 28625-020, Nova Friburgo, RJ. E-mail: viniciusvitoi@yahoo.com.br.

² Embrapa Agrobiologia, BR 465, km 07, CEP 23890-000, Seropédica, RJ. E-mail: guilherme.guerra@embrapa.br, jose.espindola@embrapa.br, ednaldo.araujo@embrapa.br.

³ UFRRJ, Departamento de Fitotecnia, BR 465, km 07, CEP 23851-970, Seropédica, RJ.

⁴ UNITINS, Departamento de Pesquisa, Quadra 108 sul, Al. 11, CP 173, CEP 77020-122, Palmas, TO. E-mail: fabioluiz@unitins.br.

⁵ EMATER-MG, Rua José Brasil, 311, CEP 36227-000, Piedade do Rio Grande, MG. E-mail: rmjagro@yahoo.com.br.

reinfestação de plantas espontâneas durante o período inicial do cultivo do brócolis. A crotalária, em monocultivo, favoreceu a produtividade da hortaliça.

Termos para indexação: adubação verde; agricultura orgânica; *Brassica oleracea* var. italica; gramíneas; leguminosa.

Influence of cover crops on the performance of no-till broccoli, under organic management

Abstract – The work aimed to evaluate the influence of soil cover crops, single or mixed, on the performance of no-till broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), under organic management. The experiments were carried out during two consecutive years, in the Integrated Agroecological Production System (“Agroecological Farm Km 47”), in Seropédica, at Metropolitan Region of Rio de Janeiro state. At both experiments, the experimental design was of randomized blocks with four replications. In the first experiment, the treatments were pre-cropped cover crops: sunn hemp (*Crotalaria juncea*), pearl millet ‘BN 2’ (*Penisetum glaucum*), sorghum ‘BRS 800’ (*Sorghum bicolor*) and spontaneous vegetation (mainly formed by *Cyperus* sp.). In the second experiment, the mixture of sunn hemp and sorghum replaced pearl millet. Plant biomass of the evaluated cover crops varied from 7.3 to 10.7 Mg ha⁻¹. The residues obtained with the mixture of sunn hemp and sorghum presented favorable characteristics in relation to nutrients accumulation and release, also presenting a slower decomposition rate. Sunn hemp and pearl millet reduced weeds during the initial phase of growth of broccoli. The use of sunn hemp, in monoculture or mixed with sorghum, promoted higher broccoli yield.

Index terms: green manure; organic agriculture; *Brassica oleracea* var. *italica*; grasses; legume.

Introdução

O cultivo de plantas para cobertura do solo e adubação verde é uma prática importante em sistemas orgânicos de produção, protegendo o solo contra a erosão, disponibilizando nitrogênio através do uso de leguminosas, favorecendo a ciclagem de nutrientes e reduzindo a população de plantas espontâneas (Espindola *et al.*, 2005a). Castro *et al.* (2005) demonstraram que os efeitos benéficos de plantas de cobertura na produção de hortaliças podem ser intensificados pela adoção de sistemas de preparo conservacionista do solo, como o plantio direto. Silva (2020) observou que o plantio direto proporciona o mesmo nível de produtividade de hortaliças que o sistema convencional, seja o preparo realizado com aração e gradagem ou com uso de enxada rotativa.

Grande parte dos benefícios trazidos pelas plantas de cobertura é associada à sua capacidade de produzir elevadas quantidades de biomassa, que acumulam nutrientes que são liberados no solo após o corte das plantas e sua decomposição (Espindola *et al.*, 2005b). Diversos fatores influenciam a decomposição de resíduos vegetais adicionados ao solo, tais como a atuação de macro e microrganismos decompositores; as características químicas do material orgânico, determinantes de sua degradabilidade; e as condições edafoclimáticas de cada região (Correia; Andrade, 1999; Freire, *et al.*, 2015).

De acordo com Favero *et al.* (2001) e Monquero, *et al.* (2009), no caso de plantas espontâneas, práticas agrícolas são capazes de promover alterações na população de plantas. Essas podem ser atribuídas a efeitos alelopáticos e à competição por luz, água, oxigênio e nutrientes, que por sua vez podem acarretar, até mesmo, a supressão de algumas espécies. Segundo esses autores, a melhoria das propriedades do solo pelo cultivo de leguminosas pode, por outro lado, favorecer espécies vegetais com maior capacidade de ciclagem de nutrientes e produção de biomassa. O sistema de preparo do solo é também capaz de influenciar a população de plantas espontâneas, seja pela alteração da composição fitossociológica (SILVA *et al.*, 2005) ou por mudanças no fluxo de germinação do banco de sementes (Carmona; Villas Boas, 2001). O sistema de plantio direto, por manter a palhada em cobertura, pode contribuir no controle de plantas espontâneas, além de aumentar a porosidade do solo e melhorar a infiltração de água no mesmo (Anderson, 2015).

O brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) é uma hortaliça exigente do ponto de vista nutricional, que apresenta significativa resposta em produtividade à aplicação de N, P, Ca e S (Filgueira, 2003). Embora se saiba que o uso de plantas de cobertura do solo em pré-cultivo possa, de modo geral, contribuir para um melhor aproveitamento desses nutrientes pelas hortaliças, existe reduzida informação divulgada sobre essa prática em relação ao cultivo orgânico de brócolis.

Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar a influência de diferentes plantas de cobertura, cultivadas isoladamente ou consorciadas, sobre o desempenho agrônômico da cultura subsequente de brócolis, em plantio direto e em sistema orgânico de produção.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos ao longo de dois anos consecutivos (2000-2001) em área pertencente ao Sistema Integrado de Produção Agroecológica - SIPA ("Fazendinha Agroecológica Km 47"), projeto de cooperação técnica entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agrobiologia), a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO) e a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). A "Fazendinha" localiza-se no município de Seropédica, Baixada Fluminense, Região Metropolitana do estado do Rio de Janeiro.

O clima da região caracteriza-se pela concomitante elevação da temperatura do ar e início do período chuvoso em setembro-outubro, estendendo-se até março. Os meses de abril e agosto são considerados de transição; em junho e julho, a temperatura mantém-se amena, sendo que a precipitação pluviométrica é reduzida. O solo da área experimental é classificado como Planossolo e a análise química realizada na camada de 0-20 cm de profundidade, apresentou os seguintes resultados segundo metodologia sugerida por Embrapa (1997): pH em água = 5,6; Al = 0,0 cmol_c dm⁻³; Ca = 3,1 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,4 cmol_c dm⁻³; K = 130,0 mg kg⁻¹; P = 47,0 mg kg⁻¹.

O delineamento experimental adotado, em ambos os experimentos, foi de blocos ao acaso com quatro repetições. No primeiro experimento, as plantas de cobertura foram semeadas no dia 12/01/2000. Os tratamentos foram representados pelos seguintes pré-cultivos: crotalária (*Crotalaria juncea*),

milheto 'BN 2' (*Penisetum glaucum*), sorgo 'BRS 800' (*Sorghum bicolor*), além do pousio (vegetação espontânea, com predomínio de *Cyperus* sp.). No segundo experimento, conduzido em 2001, o milheto foi substituído pelo consórcio entre crotalária e sorgo (em linhas alternadas com distância de 20 cm), mantendo-se os demais tratamentos. Sendo a semeadura realizada em 12/02/2001. Cabe ressaltar que a escolha do sorgo para o segundo experimento se deu em função da sincronia observada entre essa espécie e a crotalária, no que diz respeito aos ciclos vegetativo e reprodutivo, o que favoreceu o manejo do respectivo consórcio para fins de cobertura do solo e adubação verde.

As plantas de cobertura foram semeadas adotando-se o espaçamento de 20 cm entre linhas, na densidade de 20 sementes.m⁻¹. A época de corte foi determinada em função do milheto, no primeiro experimento e do sorgo, no segundo experimento sendo os cortes realizados em 20/3/2000 e 16/4/2001, respectivamente. Utilizou-se roçadeira costal motorizada, sendo a biomassa aérea deixada na superfície do solo. A produção dessa biomassa foi quantificada a partir de uma área de 1 m² posicionada na parte central das parcelas, de onde foram retiradas amostras para determinação do teor de nutrientes.

A análise de N baseou se no método recomendado por Bremner e Mulvaney (1982), enquanto P, K, Ca e Mg foram analisados a partir de digestão nítrica perclórica (Bataglia *et al.*, 1983). A determinação do P foi feita por colorimetria, através da cor azul do complexo fosfato molibdato em presença de ácido ascórbico. Por sua vez, K, Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Embrapa, 1997).

No primeiro experimento, utilizou-se brócolis cultivar Baron, semeada em 15/03/2000, enquanto no segundo, utilizou-se brócolis cultivar Legacy, semeada em 4/04/2001. As mudas foram formadas em bandejas de isopor de 200 "células", em casa-de-vegetação. O substrato utilizado foi constituído por uma mistura de subsolo argiloso misturada a esterco bovino e areia lavada na proporção de 3:1:1 (base em volume), enriquecido com 50 g L⁻¹ de cama de aviário e 10 g L⁻¹ de termofosfato sílico-magnésiano e cinza de lenha (1:1, base em peso). Foi efetuada uma pulverização de molibdato de sódio (2g L⁻¹) quando as mudas, ainda nas bandejas, encontravam-se com três folhas definitivas.

O transplântio das mudas foi realizado em fileiras duplas distanciadas de 1,0 m, no espaçamento de 0,7 x 0,6 m. Cada cova foi adubada com 450g de

esterco bovino (16% de umidade), 50g de termofosfato sílico-magnésiano e 100g de cinza de lenha. Foi aplicada uma adubação de cobertura 20 dias após o transplântio, empregando-se 100g por planta de “cama” de aviário. No segundo experimento, também foi aplicada uma adubação de cobertura (100g por planta de “cama” de aviário), aos 40 dias a contar do transplântio. Boro e molibdênio foram aplicados via foliar, aos 10, 20 e 40 dias após o transplântio. Em ambos os experimentos aplicou-se 50g de molibdato de sódio e 100g de bórax diluídos em 20L de água.

Em ambos os experimentos, foram procedidas avaliações da taxa de decomposição das palhadas, colocando-se 100g de resíduos vegetais, imediatamente após o corte, em bolsas confeccionadas com tela plástica (“litterbags”) com malha de 4 mm. Essas bolsas foram distribuídas na superfície do solo, sendo a decomposição de matéria seca e a liberação de nutrientes monitoradas por meio de coletas realizadas aos 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após inclusão dos resíduos vegetais nos “litterbags”. Em cada uma dessas coletas, os resíduos foram manualmente separados de materiais de outras origens (partículas de solo, cinzas, dejetos, etc.), determinando-se o peso seco e os teores de N, K e Ca, conforme procedimentos anteriormente descritos.

Com os dados obtidos, foram calculadas as taxas de decomposição e de liberação de nutrientes relativas a cada um dos tratamentos, utilizando-se o modelo matemático exponencial descrito por Thomas e Asakawa (1993), a saber:

$$C = C_0 e^{-kt}$$

onde C é a quantidade de matéria seca ou de nutrientes remanescentes após um período de tempo (t - em dias); C_0 refere-se à quantidade de matéria seca ou de nutrientes no início da decomposição (t_0); e k é a constante de decomposição.

O tempo de meia-vida ($t_{1/2}$), ou seja, aquele necessário para decomposição de metade da biomassa original ou para liberar metade dos nutrientes, foi calculado a partir dos valores de k do modelo matemático, sendo:

$$t_{1/2} = \ln 0,5 / k$$

A biomassa das plantas espontâneas por parcela experimental foi avaliada em cinco épocas distintas. No primeiro experimento antes do corte das plantas de cobertura (1); 28 dias após o corte das plantas de cobertura (2) e ao final do ciclo produtivo do brócolis (3). No segundo experimento aos 28 dias após

o corte das plantas de cobertura (1) e ao final do ciclo do brócolis (2). Para estimar a biomassa produzida, foram coletadas amostras em quatro pontos no interior de cada parcela, em uma área de 50 x 50 cm, procedendo-se a imediata pesagem das mesmas.

O teor de N foi determinado na folha da base da inflorescência do brócolis, considerada como folha-índice para a cultura, conforme descrito por Bremner e Mulvaney (1982).

Avaliaram-se ainda, o peso médio da inflorescência no ponto de colheita para o mercado e a produtividade de brócolis, a partir de oito plantas selecionadas ao acaso na fileira dupla no interior de cada parcela. As inflorescências, com máxima expansão antecedendo a abertura das flores, foram cortadas cerca de 5cm abaixo da última ramificação.

Os procedimentos estatísticos aplicados foram a análise de variância e teste F. Nas fontes de variação onde houve diferença significativa, aplicou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para a comparação de médias.

Resultados e Discussão

Plantas de cobertura em pré-cultivo

Os valores de produção de biomassa aérea das plantas de cobertura e da vegetação espontânea, relativas aos dois experimentos, encontra-se na Tabela 1. No primeiro ano, nota-se que o milheto diferiu dos tratamentos representados pela crotalária e pela vegetação espontânea, superando-os, respectivamente, em 88 e 47%. Por sua vez, no ano seguinte, os tratamentos com crotalária, sorgo e consórcio entre crotalária e sorgo mostraram-se estatisticamente superiores à vegetação espontânea quanto ao aporte de biomassa ao sistema. De maneira geral, as plantas de cobertura avaliadas apresentaram elevados valores para essa característica, variando de 7,29 a 10,69 Mg ha⁻¹, indicando o potencial dessa prática para o fornecimento de matéria orgânica. De acordo com Castro *et al.* (2005), esses níveis são considerados suficientes para assegurar uma boa cobertura do solo no sistema plantio direto.

Tabela 1. Produção de biomassa aérea roçada (matéria seca) de diferentes plantas de cobertura do solo e da vegetação espontânea. Seropédica, RJ (2000/2001)¹.

Tratamento	Matéria seca da biomassa aérea (Mg ha ⁻¹)	
	Ano 2000	Ano 2001
Crotalária	7,29 b	8,02 a
Milheto	10,69 a	---
Sorgo	7,60 ab	9,33 a
Crotalária + Sorgo	---	8,97 a
Vegetação espontânea	5,67 b	4,05 b
C.V. (%)	18,42	16,15

¹ Os valores representam médias de quatro repetições; médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As quantidades de N, P, K, Ca e Mg contidos na biomassa aérea das plantas de cobertura e da vegetação espontânea estão apresentadas na Tabela 2. Com relação ao segundo experimento, constatou-se que a crotalária (em monocultivo ou consorciada com sorgo), acumulou quantidade mais elevada de nitrogênio (N), enquanto o sorgo (em monocultivo ou consorciado com crotalária), mostrou-se capaz de acumular mais potássio (K). Obteve-se uma acumulação de até 147 kg de N.ha⁻¹ com a crotalária. O milho e o sorgo acumularam, respectivamente, 173 e 170 kg de K.ha⁻¹. Essas plantas também apresentaram maior capacidade de reciclagem de P. Crotalária apresentou a maior capacidade de reciclagem de Ca e o sorgo, a maior capacidade de reciclagem de Mg. A palhada oriunda do consórcio de crotalária e sorgo, por sua vez, proporcionou acúmulo superior a 130 kg N.ha⁻¹. Os resultados obtidos corroboram aqueles encontrados por Perin et al. (2004). Cabe ressaltar que o potencial da crotalária em acumular N decorre de sua capacidade de fixação biológica desse nutriente nas condições de Seropédica (Castro *et al.*, 2004). A quantidade de N acumulada neste estudo supera aquela obtida por Chieza *et al.* (2017).

Os resíduos das plantas de cobertura apresentaram diferentes taxas de decomposição (Tabela 3). O tempo de meia vida da *Crotalaria juncea* foi de 56 dias, no primeiro ano e de 64 dias no segundo ano. Portanto, superior ao valor observado por Nascimento et al. (2016) para mucuna e guandu, onde os tempos de meia vida foram de 49 e 48 dias, respectivamente. No primeiro experimento, a palhada do milho revelou decomposição mais lenta que as

Tabela 2. Acumulação de nutrientes na biomassa aérea roçada de diferentes plantas de cobertura do solo e da vegetação espontânea. Seropédica, RJ (2000/2001)¹.

Tratamento	Nutriente (kg ha ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
ANO 2000					
Crotalária	144,8 a	15,9 b	103,9 b	62,5 a	19,7 b
Milheto	130,9 a	31,4 a	173,7 a	32,9 b	28,3 ab
Sorgo	101,1 a	29,5 a	133,3 ab	38,0 b	33,4 a
Vegetação espontânea	103,3 a	17,4 b	123,3 b	47,6 ab	22,8 ab
C.V. (%)	18,46	19,64	17,99	19,29	19,72
ANO 2001					
Crotalária	147,7 a	14,1 b	108,3 b	60,4 a	19,3 a
Milheto	69,6 b	25,5 a	170,2 a	27,5 b	22,4 a
Sorgo	132,5 a	19,1 ab	159,3 a	46,6 a	21,3 a
Vegetação espontânea	73,0 b	15,9 b	100,2 b	53,9 a	18,0 a
C.V. (%)	16,68	16,25	15,74	17,84	16,07

¹ Os valores representam médias de quatro repetições; médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

das outras plantas de cobertura. Por sua vez, no segundo experimento, a taxa menos acelerada de decomposição foi associada aos resíduos de sorgo. A lenta decomposição da biomassa roçada de milho e sorgo possivelmente está associada aos altos valores da relação C/N, comum às gramíneas. De acordo com Jama e Nair (1996), essa relação influencia a velocidade de decomposição de resíduos vegetais e a consequente liberação de nutrientes. Assim, tais processos ocorrem de forma mais rápida com a diminuição da relação C/N.

Os dados relativos à liberação de nutrientes pelos resíduos provenientes das roçadas são mostrados na Tabela 3. De maneira geral, a velocidade de liberação de N apresentou tendência semelhante à descrita para a matéria seca: maiores valores de k para crotalária e vegetação espontânea; menores valores desse parâmetro para milho e sorgo. Maiores velocidades de

Tabela 3. Valores da constante k da equação $C = C_0 e^{-kt}$ e tempos de meia-vida ($t_{1/2}$) referentes aos teores de matéria seca (MS), N, K e Ca, nas palhadas de plantas de cobertura do solo e da vegetação espontânea. Seropédica, RJ (2000/2001).

Tratamento	Parâmetro	Ano 2000		Ano 2001	
		k (dia ⁻¹)	$t_{1/2}$ (dias)	k (dia ⁻¹)	$t_{1/2}^1$ (dias)
Crotalária	MS	0,0123	56	0,0108	64
	N	0,0166	41	0,0171	40
	K	0,0441	16	0,0338	20
	Ca	0,0114	61	0,0101	69
Milheto	MS	0,0097	71	---	---
	N	0,0078	88	---	---
	K	0,0274	25	---	---
	Ca	0,0079	118	---	---
Sorgo	MS	0,0122	57	0,0084	82
	N	0,0105	66	0,0076	91
	K	0,0237	29	0,0303	23
	Ca	0,0058	119	0,0061	114
Crotalária + Sorgo	MS	---	---	0,0114	61
	N	---	---	0,0138	50
	K	---	---	0,0303	23
	Ca	---	---	0,0073	95
Vegetação espontânea	MS	0,0139	50	0,0216	32
	N	0,0140	49	0,0208	33
	K	0,0499	14	0,0497	14
	Ca	0,0105	65	0,0169	41

decomposição de leguminosas quando comparadas a gramíneas já foram relatadas por Torres et al. (2005). Com relação ao K, foram observados tempos de meia-vida inferiores a 30 dias para todas as plantas de cobertura e em ambos os experimentos. A rápida liberação desse nutriente provavelmente decorre do fato do mesmo ocorrer na forma iônica nas plantas, não participando das estruturas orgânicas (Taiz; Zeiger, 1991). Ao contrário, foram detectados prolongados tempos de meia-vida para o cálcio (Ca), especialmente com referência às gramíneas, atingindo 119 dias nos resíduos de sorgo. A lenta liberação desse nutriente está muito provavelmente ligada ao fato do Ca ser um dos constituintes da lamela média da parede celular (Taiz; Zeiger, 1991), o que o torna recalcitrante nos tecidos vegetais.

Os resultados obtidos permitem caracterizar o pré-cultivo representado pelo consórcio entre crotalária e sorgo como uma estratégia eficiente, pois os resíduos provenientes do corte revelaram uma dinâmica de liberação de N intermediária entre cada uma dessas espécies empregadas individualmente para cobertura do solo. Dessa forma, torna-se possível otimizar a sincronia entre a liberação desse nutriente dos resíduos vegetais e sua demanda pela cultura econômica instalada em sucessão (Aita; Giacomini, 2003).

Quanto às plantas espontâneas, o sorgo foi o tratamento que possibilitou a maior ocorrência destas durante o período de desenvolvimento das plantas de cobertura (160 g m^{-2}) (Tabela 4). Essa população mais alta de plantas espontâneas associada às parcelas de sorgo, na primeira época de avaliação, pode ser explicada pelo lento crescimento inicial do sorgo. Por outro lado, a decomposição rápida da palhada de crotalária pode ter estimulado a proliferação e o crescimento das plantas espontâneas, observados após a colheita do brócolis. Com relação ao segundo experimento, constatou-se efeito supressivo da crotalária na época 1 (antes do corte), semelhante ao observado no experimento 1. O efeito benéfico da leguminosa também foi descrito por Castro *et al.* (2005), que sugeriram uma possível contribuição para o declínio do banco de sementes.

Tabela 4. Biomassa aérea de plantas espontâneas na produção orgânica de brócolis, sob sistema de plantio direto, em função de diferentes plantas de cobertura do solo (pré-cultivos) e da vegetação espontânea. Seropédica, RJ (2000/2001)¹.

Tratamento	Biomassa aérea de plantas espontâneas (g m^{-2})				
	Ano 2000			Ano 2001	
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2
Crotalária	10,7 a ¹	16,1 a	71,4 b	5,4 a	92,8 a
Milheto	23,2 a	16,2 a	17,9 a	---	---
Sorgo	160,7 b	28,6 a	32,1 a	23,2 ab	44,6 a
Crotalária + Sorgo	---	---	---	12,5 ab	39,2 a
Vegetação espontânea	580,3 c	110,7 b	57,1 b	32,1 b	75,0 a
C.V. (%)	25,68	13,34	23,70	53,00	43,40

¹ Os valores representam médias de quatro repetições; médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Épocas: Exp. I (2000) - 1 = antes do corte das plantas de cobertura; 2 = 28 dias após o corte das plantas de cobertura; 3 = Após a colheita do brócolis; Exp. II (2001) - 1 = 28 dias após o corte das plantas de cobertura; 2 = Após a colheita do brócolis.

Cultivo do brócolis em sucessão

O teor de N da folha-índice, o peso médio da inflorescência e a produtividade de brócolis são apresentados na Tabela 5. No primeiro experimento, não houve diferença significativa para o teor de N na folha índice. Enquanto que no segundo, observou-se uma elevação do teor de N na inflorescência com os pré-cultivos de crotalária e crotalária consorciada com sorgo. O teor de N na folha índice não se apresentou como um indicador viável para avaliar o efeito das plantas de cobertura na cultura do brócolis. Isso se deve, provavelmente, ao fato de a escassez de nitrogênio contribuir para redução da produtividade, mantendo o teor de nitrogênio da inflorescência similar mesmo em solos com disponibilidade de nitrogênio distintas.

No primeiro experimento, as plantas de cobertura resultaram em incremento do peso da inflorescência quando comparado ao tratamento com vegetação espontânea. No segundo experimento, a presença do sorgo contribuiu para reduzir a produtividade quando comparada ao tratamento com a crotalária. Isso é explicado pelo aumento da relação C/N da cobertura vegetal em função do sorgo. No segundo experimento a crotalária em pré-cultivo proporcionou peso médio da inflorescência e produtividade do brócolis superiores àquelas obtidas com o plantio nas palhadas de sorgo ou da vegetação espontânea.

Tabela 5. Teor de nitrogênio da folha-índice, peso médio da inflorescência e produtividade de cultivo orgânico de brócolis em plantio direto na palhada de plantas de cobertura do solo¹. Utilizando-se as cultivares Baron (2000) e Legacy (2001).

Tratamento	Teor de N folha índice (g kg ⁻¹)		Peso médio da inflorescência (g inflorescência ⁻¹)		Produtividade brócolis (Mg ha ⁻¹)	
	2000 ²	2001 ³	2000	2001	2000	2001
Crotalária	48,3 a	50,1 a	372,1 a	784,0 a	7,43 a	15,65 a
Milheto	50,0 a	---	341,2 a	---	6,81 a	---
Sorgo	51,5 a	43,9 b	339,3 a	592,9 b	6,77 a	11,83 b
Crotalária + Sorgo	---	49,9 a	---	700,1 ab	---	13,97 ab
Vegetação espontânea	51,3 a	46,9 ab	245,8 b	590,9 b	4,91 b	11,79 b
C.V. (%)	9,54	5,53	5,95	8,72	7,51	8,83

¹ Os valores representam médias de quatro repetições; médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05); ² Exp. I - cultivar Baron, ano 2000; ³ Exp. II - cultivar Legacy, ano 2001.

No segundo experimento, a produtividade de brócolis, no tratamento com crotalária e sorgo, ficou dentro da média para o Rio de Janeiro que varia de 15 a 30 Mg ha⁻¹ (FREIRE *et al.*, 2013) e superior a produtividade obtida por Diniz *et al.*, (2008) para a cultivar “domador”, em sistema orgânico de produção, nas condições de Viçosa-MG, com uma dose de 25 t ha⁻¹ de massa de composto orgânico. Por outro lado, no primeiro experimento, a produtividade ficou abaixo do valor esperado. Essa baixa produtividade deve estar associada a elevada temperatura no mês de março nas condições da Baixada Fluminense.

As produtividades da hortalíça cultivada em seguida à crotalária em monocultivo foram mais elevadas que as observadas na área com vegetação espontânea, nos dois experimentos. Contudo, no segundo experimento, a presença do sorgo junto à essa leguminosa contribuiu para redução da produtividade, onde esta foi igual ao tratamento com vegetação espontânea. Contudo, Perin *et al.* (2004) não constataram efeitos positivos da adubação verde com crotalária ou milheto sobre a produtividade de brócolis. De acordo com esses autores, tal fato pode ter ocorrido porque a área experimental foi ocupada com duas culturas econômicas (milho e brócolis) no mesmo ano agrícola. Depreende-se, assim, que a resposta ao prévio uso de plantas de cobertura no cultivo de brócolis pode variar em função da intensidade de exploração agrícola da área.

Os resultados do presente estudo evidenciam, sob condições de manejo orgânico, os efeitos benéficos do pré-cultivo com crotalária, em monocultivo ou consorciada com sorgo, ditados pela liberação de nutrientes no solo e pelo controle da reinfestação de plantas espontâneas, sobre o desempenho agrônomo de brócolis no sistema plantio direto.

As plantas de coberturas, especialmente *Crotalaria juncea*, contribuíram para o aumento da produtividade. No segundo experimento, o sorgo não contribuiu para o aumento da produtividade do brócolis, porém, apesar de ser uma poaceae (alta relação C:N), não reduziu a produtividade quando comparada com a vegetação espontânea. Isso é importante porque a biomassa do sorgo, que apresenta tempo de meia vida ($T_{1/2}$) superior a 80 dias, é essencial para manutenção da palhada que protege o solo quanto ao impacto das gotas da chuva.

Conclusões

- 1) A palhada oriunda do consórcio entre crotalária e sorgo apresenta uma taxa de decomposição mais lenta o que favorece o plantio direto, por manter a cobertura do solo;
- 2) Crotalária e milho apresentam maior capacidade de restringir a rein-festação de plantas espontâneas durante o período inicial do cultivo do brócolis.
- 3) Crotalária (em monocultivo) favorece o desempenho da hortaliça em termos de produtividade.

Referências Bibliográficas

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.
- ANDERSON, R. L. Integrating a complex rotation with no-till improves weed management in organic farming. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 3, p. 967-974, 1 Jul. 2015.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. Não paginado. (Instituto Agronômico. Boletim, 78).
- BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen total. In: PAGE, A. L. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1982. Part 2. p. 595-624.
- CARMONA, R.; VILLAS BÔAS, H. D. C. Dinâmica de sementes de *Bidens pilosa* no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 457-463, 2001.
- CASTRO, C. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; CARVALHO, J. F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 495-502, 2005.
- CASTRO, C. M.; ALVES, B. J. R.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 779-785, 2004.
- CHIEZA, E. D.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E. D. S.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; FERNANDES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalária juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 2, p. 189-196, 2017.
- CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 197-225.
- DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; PETERNELLI, L. A.; BARRELLA, T. P.; Freitas, G. B. Crescimento e produção de brócolis em sistema orgânico em função de doses de composto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1428-1434, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L.; ABOUD, A. C. S. **Adução verde com leguminosas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005a. 49p.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Evaluation of perennial herbaceous legumes with different phosphorus sources and levels in a Brazilian Ultisol. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Wallingford, v. 20, n. 1, p. 56-62, 2005b.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, 2001.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 412p.

FREIRE, L. R.; ARAÚJO, E.; S. BERBARA, R. L. L. Tempo de captura de organismos da mesofauna do solo e seus reflexos na interpretação de índices da comunidade edáfica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1282-1291, 2015.

FREIRE, L. R. (coord.). **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica: Universidade Rural, 2013

JAMA, B. A.; NAIR, P. K. R. Decomposition and nitrogen-mineralization patterns of *Leucaena leucocephala* and *Cassia siamea* mulch under tropical semiarid conditions in Kenya. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 179, p. 275-285, 1996.

MONQUERO, P. A.; AMARAL, L. R.; INÁCIO, E. M.; BRUNHARA, J. P.; BINHA, D. P.; SILVA, P. V.; SILVA, A. C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 85-95, Mar. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010083582009000100012&lng=en&nrm=iso>. Access on 03 May 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000100012>.

NASCIMENTO, A. F.; MATTOS, J. L. S.; MENDONÇA, E. S. Decomposição de biomassa de adubos verdes no sudeste de Mato Grosso e sua estimativa pelo modelo NDICEA. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 11, n. 4, p. 319-327, 2016.

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, n. 1, p. 35-40, 2004.

SILVA, A. A.; SILVA, C. S. W.; SOUZA, C. M.; SOUZA, B. A.; FAGUNDES, J. L.; FALLEIRO, R. M.; SEDIYAMA, C. S. Aspectos fitossociológicos da comunidade de plantas daninhas na cultura do feijão sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Planta Daninha**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 17-24, 2005.

SILVA, C. S. R. de A. da. **Avaliação dos atributos solo em diferentes sistemas de manejo orgânico para a produção de hortaliças em Seropédica (RJ)**. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: Benjamin/Cummings Publishing Company, 1991. 565p.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, p. 1351-1361, 1993.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 609-618, 2005.

