

Coberturas Vegetais, Manejo do Solo e Doses de Nitrogênio em Cobertura do Milho

Claudinei Kappes^{1*}, Orivaldo Arf¹, João Antonio da Costa Andrade¹ e João Paulo Ferreira¹

¹ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP. *kappes.agro@gmail.com

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de coberturas vegetais, sistemas de manejo do solo e doses de N em cobertura no milho. Os experimentos foram conduzidos em Selvíria, MS, durante os anos agrícolas 2009/10 e 2010/11, sob Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (20° 20' S e 51° 24' W, com altitude de 340 m). Foram estabelecidos 36 tratamentos com quatro repetições, em blocos casualizados, resultantes da combinação entre coberturas vegetais (milheto, crotalária e milheto + crotalária), manejo do solo (escarificador + grade “leve”, grade “pesada” + grade “leve” e sistema plantio direto) e doses de N em cobertura (0, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ – fonte ureia). O híbrido de milho utilizado foi o DKB 350 YG[®] e o N aplicado em V₅. A aplicação de N em cobertura incrementou a altura de planta e de espiga, massa seca de parte aérea e produtividade do milho. A utilização de crotalária e de milheto + crotalária como antecessoras, associada à aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura do milho sob sistema plantio direto, proporcionou maior produtividade.

Palavras-chave: *Zea mays*, milheto, crotalária, adubação nitrogenada, produtividade.

Introdução

A dinâmica do N no sistema solo-planta pode ser influenciada pelo manejo do solo, tipo de fertilizante, condições edafoclimáticas, cobertura vegetal e microfauna do solo. Pesquisas comparativas entre sistemas de manejo do solo têm evidenciado que a dinâmica do N entre é capaz de refletir na dose a ser aplicada. Figueiredo et al. (2005) verificaram que no milho sob sistema plantio direto e manejo do solo com escarificador, houve maior eficiência de recuperação no N oriundo do fertilizante. Além disso, os sistemas de manejo do solo afetam a sua densidade, porosidade e o armazenamento de água ao longo do perfil.

Além do N mineral, outra opção para suprir N no solo pode ser a utilização de coberturas vegetais. Entre as espécies utilizadas, destacam-se as pertencentes à família fabaceae. Com menor relação C/N comparativamente às poáceas e sua capacidade de fixação simbiótica do N₂, as fabáceas aumentam a disponibilidade de N no solo, a absorção de N pela planta (KAPPES, 2011) e a produtividade de milho, podendo contribuir na redução de aplicação de N mineral. As poáceas contribuem na manutenção de níveis maiores de matéria orgânica no solo, comparadas às fabáceas, devido a sua alta relação C/N e ao alto teor de lignina na sua composição, formando húmus de maior estabilidade; porém, podem apresentar problemas em relação à disponibilidade de N.

Uma alternativa que permite aliar as características desejáveis das poáceas e fabáceas é a consorciação entre elas. Quando utilizada, há combinação do maior potencial das poáceas em ciclar nutrientes com a capacidade das fabáceas em fixar o N₂, resultando numa massa

seca com relação C/N intermediária àquela das culturas isoladas. Diversas pesquisas relatam o efeito positivo de coberturas vegetais sobre a produtividade de milho e vários pesquisadores mencionam a contribuição do N remanescente dos resíduos culturais.

Propôs-se o presente estudo com o objetivo de avaliar a influência de coberturas vegetais, sistemas de manejo do solo e doses de N em cobertura na cultura do milho.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida em Selvíria, MS, na área experimental da UNESP (20° 20' S e 51° 24' W, com altitude de 340 m), em Latossolo Vermelho distrófico álico e argiloso. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, com precipitação pluvial média anual de 1.330 mm e temperatura do ar média anual de 25 °C.

Foram estabelecidos 36 tratamentos com quatro repetições, dispostos em delineamento de blocos ao acaso, os quais resultaram da combinação dos fatores cobertura vegetal, manejo do solo e dose de N em cobertura. Como coberturas foram utilizadas o milheto (*Pennisetum glaucum*), a crotalária (*Crotalaria juncea*) e milheto + crotalária. O solo foi manejado com escarificador + grade “leve” (E+GL), grade “pesada” + grade “leve” (GP+GL) e sistema plantio direto (SPD). As doses de N foram: 0, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹, tendo como fonte a ureia. O N foi aplicado quando as plantas apresentavam-se no estágio V₅. As aplicações foram realizadas na superfície do solo (sem incorporação), ao lado das fileiras. As parcelas foram constituídas por seis linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,9 m.

A área experimental teve os sistemas de manejo do solo instalados no ano agrícola 1997/98. As coberturas foram semeadas nos dias 27/08/2009 e 04/10/2010. O milheto e a crotalária foram semeados em linhas espaçadas de 0,17 e 0,34 m, com quantidades de sementes de 15 e 50 kg ha⁻¹, respectivamente. No cultivo consorciado manteve-se a mesma quantidade de sementes utilizada no cultivo “solteiro” para ambas as coberturas, intercalando-se as linhas de milheto e de crotalária no espaçamento de 0,17 m. As coberturas foram manejadas com desintegrador mecânico, com altura de corte de 15 cm. O híbrido triplo utilizado foi o DKB 350 YG[®] (860 graus dia) e a semeadura realizada nos dias 16/11/2009 e 11/12/2010. Na adubação de semeadura foram aplicados 300 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16.

Na ocasião da aplicação do N em cobertura avaliou-se a população inicial de plantas (PIP). No florescimento pleno, determinou-se a produção de massa seca de parte aérea (MS) e no estágio R₃, foram mensurados a altura de planta (AP) e de espiga (AIE). A colheita (duas linhas centrais) foi realizada no dia 08/04/2010 e 21/04/2011, determinando-se a população final de plantas (PFP) e a produtividade – PROD (pesagem dos grãos oriundos das espigas

colhidas e correção do peso para 13% de umidade – b.u.). Os resultados foram submetidos ao teste F, comparando-se as médias de cobertura vegetal e manejo do solo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As médias de dose de N foram submetidas à análise de regressão.

Resultados e Discussão

Em ambos os anos agrícolas, as PIP e PFP foram maiores no SPD comparativamente aos sistemas de revolvimento do solo (Tabela 1). Na mesma área experimental, Kaneko et al. (2010) também verificaram que o milho teve maior PFP quando cultivado no SPD, em relação aos manejos do solo com E+GL e GP+GL. É provável que as maiores PIP e PFP no SPD estejam relacionadas com a condição do solo no momento da semeadura, como maior densidade do solo e resistência à penetração, permitindo maior atrito entre a roda motriz e o solo, contribuindo para melhor funcionamento do sistema de distribuição de sementes.

A AP nos anos agrícolas 2009/10 e 2010/11 foi influenciada por todos os fatores, observando-se interação entre cobertura vegetal e dose de N (Tabela 1). O SPD proporcionou maior AP em relação aos manejos com revolvimento do solo em ambos os anos. No ano agrícola 2009/10, quando não se aplicou N em cobertura, o cultivo de crotalária e de milho + crotalária proporcionou maior AP (Tabela 2). Na aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N, maior AP foi verificada quando a cultura antecessora foi a crotalária, embora esta superioridade não tenha diferenciada do milho. Sobretudo, nas demais doses avaliadas não houve diferença entre as coberturas vegetais para a AP. Nota-se que quando o milho antecedeu o cultivo, houve aumento linear de AP com o incremento na dose de N em cobertura. Aumento na AP em resposta às alterações na dose de N no milho também foi evidenciado por Santos et al. (2010). Quando não se aplicou N em cobertura e com aplicação de 60 kg ha⁻¹ do nutriente no ano agrícola 2010/11, a crotalária e o milho + crotalária proporcionaram maior AP (Tabela 2). Na aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N, maior AP foi verificada quando o milho + crotalária antecedeu o milho, embora esta superioridade não tenha diferenciada da crotalária. Houve aumento linear da AP com o incremento na dose de N em cobertura quando o milho antecedeu o milho. Porém, sob cultivo de milho + crotalária, houve comportamento quadrático da AP em razão das alterações na dose de N, cujo modelo permitiu afirmar o valor de 222,9 cm como sendo a máxima AP obtida com a aplicação de 63 kg ha⁻¹ de N.

A AIE foi influenciada pelo manejo do solo e dose de N no ano agrícola 2009/10 (Tabela 1). O SPD proporcionou plantas com maior AIE em relação ao manejo do solo com E+GL e com GP+GL. O incremento na dose de N resultou em aumento linear da AIE. No ano agrícola 2010/11, a AIE foi influenciada, pela cobertura vegetal e dose de N, independente de

manejo do solo. Na utilização do consórcio milheto + crotalária antecedendo o milho, obteve-se plantas com maior AIE, apesar de que esta superioridade não tenha diferenciada da crotalária. Novamente, o acréscimo na dose de N resultou em incremento linear da AIE.

A produção de MS, no ano agrícola 2009/10, foi influenciada apenas pela dose de N (Tabela 1), em que o seu aumento resultou em incremento linear da produção de MS. Carvalho et al. (2011) verificaram que a maioria dos genótipos de milho avaliados apresentou incremento na MS quando se alterou a dose de 40 para 160 kg ha⁻¹ de N em cobertura, ratificando os resultados deste estudo. No ano agrícola 2010/11, a produção de MS foi influenciada, isoladamente, pela cobertura vegetal, manejo do solo e dose de N. O milho cultivado após a crotalária apresentou maior MS, apesar de que tal supremacia, não tenha sido estatisticamente diferente da sucessão ao milheto + crotalária. É possível que este resultado esteja atrelado à maior relação C/N do milheto. Pesquisas demonstram que resíduos vegetais com relação C/N inferior a 25/1 favorecem a mineralização e a rápida liberação do N e demais nutrientes presentes em sua biomassa. Observa-se que o SPD favoreceu maior MS, o que pode estar relacionado à maior PFP nesse sistema. O incremento na dose de N propiciou aumento linear da produção de MS. O maior valor de MS, obtido com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N, representou acréscimo de 13% na MS em relação à ausência de N em cobertura.

No ano agrícola 2009/10, a PROD foi influenciada, isoladamente, pela cobertura vegetal e dose de N, verificando-se interação entre tais fatores (Tabela 1). A crotalária e o milheto + crotalária proporcionaram maior PROD em todas as doses, exceto na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, em que não se obteve diferença entre as coberturas vegetais (Tabela 2). Quando não se aplicou N em cobertura, a crotalária incrementou a PROD de milho em 31%, comparativamente ao milheto, fato que demonstra o maior aporte de N no solo propiciado pela crotalária, através da fixação biológica do N₂ (KAPPES, 2011). A menor PROD após o milheto, no presente estudo, pode ser atribuída à alta relação C/N de seus resíduos e à maior imobilização do N aplicado, pela microbiota do solo, para a decomposição dos resíduos. Obteve-se incremento linear da PROD à medida que se elevou a dose de N no milho semeado após as coberturas vegetais. Estimou-se, perante regressão, quando a cultura antecessora foi o milheto, a aplicação de 93,9 kg ha⁻¹ de N para propiciar a mesma PROD de milho do que quando a cultura antecessora foi a crotalária na ausência do nutriente em cobertura.

No ano agrícola 2010/11, a PROD foi influenciada, isoladamente, pela cobertura vegetal e dose de N e pelas interações entre cobertura vegetal e manejo do solo e entre cobertura vegetal e dose de N (Tabela 1). Verifica-se que a crotalária e o milheto + crotalária proporcionaram maior PROD nos três manejos, exceto quando se manejou o solo com E+GL

(Tabela 3). Nota-se diferença somente quando o milheto + crotalária antecedeu o cultivo do milho, obtendo-se maior PROD no SPD, apesar de não ter ocorrido diferença entre esse sistema e o manejo com GP+GL. Maiores PROD de milho no SPD, em relação aos manejos com revolvimento do solo, foram mencionadas por Kaneko et al. (2010).

A crotalária e milheto + crotalária proporcionaram maior PROD em todas as doses, exceto na de 120 kg ha⁻¹ de N (Tabela 2). O cultivo de crotalária, na ausência de N em cobertura, incrementou a PROD de milho em 41%, comparativamente ao milheto. De maneira coerente, Santos et al. (2010) constataram incremento de 52% na PROD do milho cultivado em sucessão à *Crotalaria juncea*, em relação à área de pousio. Houve incremento linear da PROD à medida que se elevou a dose de N. Constata-se, neste estudo, que quando o milheto foi a cultura antecessora, o milho teve sua PROD incrementada em 23,1 kg ha⁻¹ para cada kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura, sendo considerado novamente, mais responsivo ao N em relação às antecessoras crotalária e milheto + crotalária. Estimou-se, quando a cultura antecessora foi o milheto, a aplicação de 89,4 kg ha⁻¹ de N para propiciar a mesma PROD do que quando a antecessora foi a crotalária na ausência de N em cobertura.

Conclusões

A aplicação de N em cobertura incrementou a altura de planta e de espiga, massa seca e produtividade de milho. A crotalária e o milheto + crotalária como antecessoras, associada à aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura no SPD, proporcionou maior produtividade.

Literatura Citada

CARVALHO, R.P.; VON PINHO, R.G.; DAVIDE, L.M.C. Desempenho de cultivares de milho quanto à eficiência de utilização de nitrogênio. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.10, n.2, p.108-120, 2011.

FIGUEIREDO, C.C.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n.3, p.279-287, 2005.

KANEKO, F.H.; ARF, O.; GITTI, D.C.; ARF, M.V.; CHIORDEROLI, C.A.; KAPPES, C. Manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em espaçamentos reduzido e tradicional. *Bragantia*, v.69, n.3, p.677-686, 2010.

KAPPES, C. Utilizações e benefícios da crotalária na agricultura. *Revista Panorama Rural*, n.147, p.16-17, 2011.

SANTOS, P.A.; SILVA, A.F.; CARVALHO, M.A.C.; CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.9, n.2, p.123-134, 2010.

Tabela 1. Resumo da análise de variância e valores médios de população inicial (PIP) e final de plantas (PFP), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), massa seca de parte aérea (MS) e produtividade (PROD) de milho em função de coberturas vegetais, sistemas de manejo do solo e doses de N em cobertura. Selvíria, MS (2009/10 e 2010/11).

Tratamentos	PIP		PFP		AP		AIE		MS		PROD		
	2009/10	2010/11	2009/10	2010/11	2009/10	2010/11	2009/10	2010/11	2009/10	2010/11	2009/10	2010/11	
	plantas ha ⁻¹				cm				kg ha ⁻¹				
Cobert. vegetal (C)													
Milheto	53.657	54.768	50.509	54.444	194,3	210,3	95,0	114,6 b	4.933	6.317 b	5.534	6.847	
Crotalária	54.861	54.375	51.944	53.935	198,5	219,0	98,0	118,7 ab	5.362	7.227 a	6.434	7.968	
Milheto + crotalária	54.954	54.144	51.805	53.842	197,0	221,2	96,8	120,1 a	5.244	6.990 ab	6.308	7.807	
Manejo solo (M)⁽¹⁾													
E+GL	51.551 c	52.361 b	48.680 c	52.014 b	192,3 b	213,0 b	92,0 b	116,8	5.223	6.633 b	6.087	7.326	
GP+GL	53.750 b	54.143 b	50.579 b	53.843 b	195,5 b	212,4 b	94,8 b	116,6	5.024	6.362 b	6.002	7.538	
SPD	58.171 a	56.782 a	55.000 a	56.366 a	202,0 a	225,0 a	102,9 a	120,0	5.292	7.540 a	6.187	7.758	
Dose de N (D)													
0 kg ha ⁻¹	–	–	51.173	53.457	191,6	211,2	94,3 ⁽¹⁾	114,3 ⁽²⁾	4.763 ⁽³⁾	6.413 ⁽⁴⁾	5.359	6.492	
60 kg ha ⁻¹	–	–	52.068	53.889	198,1	217,0	97,6	117,3	5.303	6.775	6.156	7.506	
90 kg ha ⁻¹	–	–	51.883	54.352	197,4	220,7	96,8	120,0	5.235	6.937	6.299	7.889	
120 kg ha ⁻¹	–	–	50.555	54.599	199,3	218,4	97,6	119,6	5.418	7.255	6.554	8.275	
Valor de F ⁽²⁾	C	4,1	0,3	3,2	0,4	12,4**	18,8**	4,6	6,2*	4,2	8,9*	24,2**	12,4**
	M	118,0**	19,4**	143,2**	15,1**	12,3**	41,9**	70,6**	2,8	0,5	23,3**	0,4	2,0
	D	–	–	1,3	2,1	13,7**	25,2**	7,4**	7,9**	4,8**	8,6**	24,8**	30,1**
	CxM	0,5	0,2	0,7	1,5	0,7	1,2	1,0	0,5	1,2	1,8	1,8	4,2**
	CxD	–	–	0,6	0,8	5,0**	2,3*	1,5	0,3	0,7	0,4	4,5**	5,4**
	MxD	–	–	1,5	0,2	1,2	0,6	0,7	1,3	0,4	0,7	1,3	2,2
	CxMxD	–	–	1,0	1,5	0,2	0,9	0,4	2,0	1,5	0,5	1,3	0,9
CV (%)	2	2	7	5	3	3	6	5	11	15	8	7	
Média geral	54.490	54.430	51.420	54.074	196,6	216,8	96,6	117,8	5.180	6.845	6.092	7.541	

⁽¹⁾ E+GL: preparo com escarificador + grade “leve”; GP+GL: preparo com grade “pesada” + grade “leve”; SPD: sistema plantio direto. ⁽²⁾ Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. ⁽³⁾ $y = 94,82 + 0,026x$, $R^2 = 0,73$. ⁽⁴⁾ $y = 114,51 + 0,049x$, $R^2 = 0,91$. ⁽³⁾ $y = 4828,33 + 5,201x$, $R^2 = 0,86$. ⁽⁴⁾ $y = 6388,43 + 6,766x$, $R^2 = 0,98$. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

Tabela 2. Altura de planta e produtividade de milho em função de coberturas vegetais e doses de N em cobertura. Selvíria, MS (2009/10 e 2010/11).

Cobertura vegetal	Dose de N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	60	90	120		
——— Altura de planta (cm) (2009/10) ———						
Milheto	183,3 b	194,9 a	198,5 ab	200,6 a	y = 184,35 + 0,148x**	0,96
Crotalária	194,8 a	200,5 a	200,5 a	198,1 a	não significativa	–
M+C	196,7 a	198,8 a	193,2 b	199,3 a	não significativa	–
——— Altura de planta (cm) (2010/11) ———						
Milheto	201,2 b	208,5 b	215,3 b	216,1 a	y = 201,32 + 0,133x**	0,96
Crotalária	217,3 a	219,8 a	220,4 ab	218,5 a	não significativa	–
M+C	215,2 a	222,6 a	226,3 a	220,7 a	y = 214,9 + 0,2x – 0,002x ² *	0,89
——— Produtividade (kg ha ⁻¹) (2009/10) ———						
Milheto	4.516 b	5.359 b	5.913 b	6.350 a	y = 4494,0 + 15,41x**	0,99
Crotalária	5.941 a	6.706 a	6.372 ab	6.714 a	y = 6051,5 + 5,656x**	0,63
M+C	5.620 a	6.404 a	6.611 a	6.599 a	y = 5727,2 + 8,611x**	0,89
——— Produtividade (kg ha ⁻¹) (2010/11) ———						
Milheto	5.217 b	6.828 b	7.324 b	8.019 a	y = 5283,3 + 23,16x**	0,99
Crotalária	7.355 a	7.957 a	8.187 a	8.375 a	y = 7387,7 + 8,604x*	0,99
M+C	6.905 a	7.733 a	8.158 a	8.431 a	y = 6931,6 + 12,96x**	0,99

M+C: milho + crotalária. Teste F: ** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Produtividade de milho em função de coberturas vegetais e sistemas de manejo do solo. Selvíria, MS (2010/11).

Cobertura vegetal	Manejo do solo ⁽¹⁾		
	E+GL	GP+GL	SPD
——— Produtividade (kg ha ⁻¹) (2010/11) ———			
Milheto	6.815 bA	6.953 bA	6.773 bA
Crotalária	7.885 a A	7.813 a A	8.207 a A
Milheto + crotalária	7.278 ab B	7.847 a AB	8.295 a A

⁽¹⁾ E+GL: preparo com escarificador + grade “leve”. GP+GL: preparo com grade “pesada” + grade “leve”. SPD: sistema plantio direto. Médias seguidas por mesma letra minúscula nas colunas e por mesma letra maiúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.