

DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO, SOBREVIVÊNCIA E CONTRIBUIÇÃO DOS PERFILHOS AO RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO⁽¹⁾

Luis Sangoi⁽²⁾, Vitor Paulo Vargas⁽³⁾, Amauri Schimitt⁽³⁾, Anderson José Pletsch⁽⁴⁾, Jeferson Vieira⁽⁴⁾, Alexandre Saldanha⁽⁴⁾, Eduardo Siega⁽⁴⁾, Giovani Carniel⁽⁴⁾, Rodolfo Thiago Mengarda⁽⁴⁾ & Gilmar José Picoli Junior⁽³⁾

RESUMO

O N influencia os processos de morfogênese e perfilhamento nas espécies da família Poaceae. Contudo, seu efeito sobre o perfilhamento do milho é pouco conhecido. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar se a dose de N e a época de aplicação da cobertura nitrogenada interferem na emissão, sobrevivência e contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos de híbridos de milho. O experimento foi instalado no município de Lages (SC), nos anos agrícolas de 2006/07 e 2008/09. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados dispostos em parcelas subdivididas. No primeiro ano, as parcelas foram constituídas de dois híbridos de milho (AS 1560 e P30F53); as subparcelas, por três doses de N (0, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N); e as sub-subparcelas, por três épocas de aplicação do N (V4, V4+V8 e V8). No segundo ano, avaliaram-se quatro doses de N nas parcelas (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N) e as mesmas épocas de aplicação usadas no primeiro ano, nas subparcelas. Determinaram-se a percentagem de plantas perfilhadas, o número de perfilhos por planta, o rendimento de grãos e os componentes do rendimento. O híbrido P30F53 teve maior capacidade de perfilhamento e maior rendimento de grãos do que o AS 1560. A aplicação de N em cobertura reduziu a mortalidade dos perfilhos na colheita no primeiro ano, e até a floração, na segunda safra. A realização da cobertura nitrogenada em V4 estimulou o perfilhamento e permitiu maior sobrevivência dos perfilhos na colheita em 2008/09. A aplicação de N em cobertura aumentou o rendimento de grãos nos dois anos de ensaio e incrementou a contribuição direta dos perfilhos à produtividade em 2006/07. A época de aplicação do N em cobertura não interferiu no rendimento de grãos. A capacidade de perfilhamento no milho difere entre híbridos. Os perfilhos

⁽¹⁾ Recebido para publicação em novembro de 2009 e aprovado em dezembro de 2010.

⁽²⁾ Professor Associado do Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Av. Luís de Camões 2090, CEP 88500-020 Lages (SC). Bolsista do CNPq. E-mail: a2ls@cav.udesc.br

⁽³⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UDESC. Bolsista da CAPES. E-mail: vitorpvargas@hotmail.com

⁽⁴⁾ Estudantes de Agronomia, UDESC. Bolsistas de Iniciação Científica. E-mail: anderson.pletsch@hotmail.com

contribuem diretamente para o rendimento de grãos do milho em condições de boa disponibilidade de N.

Termos de indexação: *Zea mays*, perfilhamento, doses de nitrogênio, época de aplicação do nitrogênio.

SUMMARY: NITROGEN AVAILABILITY, TILLER SURVIVAL AND CONTRIBUTION TO MAIZE GRAIN YIELD

Nitrogen influences the processes of morphogenesis and tillering in Poaceae. However, its effect on maize tillering is unknown. The purpose of this study was to assess whether N rates and application time affect tiller emission, survival and contribution to maize grain yield. The experiment was set up in Lages, Santa Catarina State, Brazil, in the growing seasons of 2006/07 and 2008/09. The experimental design was arranged in randomized blocks with split plots. In the first year, the main plots consisted of two maize hybrids (AS 1560 and P30F53), the split plots of three N rates (0, 100 and 200 kg ha⁻¹ N), and the split-split plots of three rates of N sidedressing (V4, V4 + V8 and V8). In the second year, four N rates were evaluated in the main plots (0, 50, 100, and 200 kg ha⁻¹ N) and the same sidedress rates in the split plots. The percentage of plants with tillers, number of tillers per plant, grain yield and yield components were assessed. The tillering capacity and grain yield of hybrid P30F53 were greater than of AS 1560. Nitrogen sidedressing reduced tiller mortality at harvest in the first year, and until flowering in the second season. Nitrogen sidedressing at V4 stimulated tiller emission and survival at harvest 2008/09. Nitrogen sidedressing increased grain yield in both study years, and enhanced the direct contribution of tillers to grain yield in 2006/07. The time of nitrogen sidedressing did not affect grain yield, regardless of the growing season. Maize tillering capacity differed among hybrids. In environments with adequate N availability, tillers contribute to increase maize grain yield.

Index terms: Zea mays, tillering; nitrogen rates; nitrogen application time.

INTRODUÇÃO

Os perfilhos são ramificações laterais que se desenvolvem a partir de gemas axilares dos nós que se localizam abaixo da superfície do solo (Sangoi et al., 2007). Os perfilhos são morfologicamente idênticos ao colmo principal. Eles são capazes de diferenciar seu próprio sistema radicular, nós, entrenós, folhas e inflorescências. A emissão, o desenvolvimento e a sobrevivência dos perfilhos são importantes para muitas poáceas, pois essas ramificações laterais participam dos componentes do rendimento e suprem fotoassimilados ao colmo principal (Almeida et al., 2000). Nas espécies em que o perfilhamento é comum, como o trigo e o arroz, os perfilhos são benéficos, pois aumentam o número de inflorescências por área, incrementando o rendimento de grãos.

Na cultura do milho os perfilhos sempre foram considerados agentes causadores de estresse. Isto ocorre porque normalmente não sobrevivem até o final do ciclo, não produzem espigas e, quando o fazem, estas são pequenas e imperfeitas. Além disso, eles dificultam a colheita, devido ao aumento de fitomassa que passa pela colheitadeira (Nafzinger, 2006).

Os mecanismos de controle do desenvolvimento de gemas laterais têm origem genética, hormonal,

nutricional e ambiental (Alves et al., 2005). Assim, a intensidade da emissão de perfilhos depende de fatores como o genótipo escolhido e o nível de fertilidade do solo. A deficiência nutricional interrompe o perfilhamento e reduz a taxa de crescimento dos perfilhos mais jovens (Masle, 1985).

O N é o nutriente que mais influencia na morfogênese e no perfilhamento. Ele serve como constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos e ácidos nucleicos. Sua deficiência inibe o crescimento e acentua a dominância apical (Sangoi et al., 2007). O N em teores adequadas nos estádios de evocação e desenvolvimento de gemas laterais pode incitar o seu desenvolvimento, pela maior produção de fotoassimilados, permitindo que os perfilhos alcancem maiores taxas de crescimento e sincronizem o seu desenvolvimento com o do colmo principal. Nessas condições, o N aumenta a duração do período de perfilhamento e a sobrevivência dos perfilhos (Longnecker et al., 1993).

O número de perfilhos férteis depende das condições ambientais entre os períodos de iniciação do primórdio do perfilho e os estádios de desenvolvimento subsequentes. Estresses ambientais durante a emergência dos perfilhos podem inibir a sua formação e, em estádios posteriores, causar o seu aborto (Maas et al., 1994).

O início do período de estabelecimento dos perfilhos é a época mais indicada para se realizar a adubação nitrogenada de cobertura para os cereais de estação fria (CQFS/RS-SC, 2004). O aumento da disponibilidade de N no solo no início da evocação permite maior emissão de estruturas laterais (Longnecker et al., 1993), ao passo que a aplicação após o perfilhamento pode incrementar a sobrevivência de perfilhos (Shah et al., 1994). O N minimiza os efeitos de competição entre os colmos a partir desse estágio, já que durante o estágio de alongamento dos entrenós há grande demanda por recursos do ambiente (Garcia Del Moral et al., 1984), favorecendo os colmos presentes no final do afilhamento (Mundstock & Bredemeier, 2001).

Geralmente os perfilhos desenvolvem-se no início do ciclo do milho, quando a cultura se encontra entre os estádios V4 e V6 da escala de Ritchie et al. (1993). Esse é também um período em que normalmente se efetua a adubação nitrogenada da cultura. Os relatos de estudos quantificando o efeito do manejo da cobertura nitrogenada sobre o perfilhamento do milho são escassos na literatura.

Este trabalho objetivou avaliar a influência de doses e épocas de aplicação de N em cobertura sobre a emissão, a sobrevivência e a contribuição dos perfilhos para o rendimento de grãos de híbridos do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em campo durante os anos agrícolas de 2006/07 e 2008/09. A área experimental situa-se a 27° 50' 35" de latitude sul e 50° 29' 45" de longitude oeste, no município de Lages, localizado no Planalto Sul de Santa Catarina, Brasil. O clima da região é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22 °C e precipitações pluviárias bem distribuídas.

Nos dois anos de realização do ensaio, as condições climáticas durante a fase vegetativa do milho foram favoráveis. A precipitação pluvial acumulada foi de 947 mm entre outubro de 2006 e abril de 2007, detectando-se um período de excesso e outro de deficiência hídrica no início e final da estação de crescimento, respectivamente. Em 2008/09 também verificou-se excesso hídrico no mês de outubro e um período de restrição de água em meados de janeiro, que coincidiu com o florescimento da cultura. A precipitação pluvial acumulada durante a estação de cultivo em 2008/09 foi de 764 mm. As temperaturas médias nas duas estações de crescimento foram de 19,5 e 18,5 °C, respectivamente para 2006/07 e 2008/09.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho distrófico típico (Embrapa, 2006). As características químicas registradas nas análises realizadas em setembro de 2006 e setembro de 2008 podem ser visualizadas no quadro 1.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições por tratamento. Na estação de crescimento 2006/07, testaram-se nas parcelas principais dois híbridos simples, de ciclo precoce, com reconhecida capacidade de perfilhamento: AS 1560 e P30F53. Para cada híbrido avaliaram-se, nas subparcelas, três doses de N em cobertura, equivalentes a 0, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N. As doses diferentes de zero foram aplicadas de três formas, em duas épocas de aplicação, nas subsubparcelas: dose completa quando o milho se encontrava com quatro folhas expandidas (estádio V4, segundo escala proposta por Ritchie et al., 1993), dose completa no estágio V8 (oito folhas expandidas, segundo Ritchie et al., 1993) e metade da dose em V4 e a outra metade em V8. Na safra agrícola de 2008/09 avaliou-se apenas o híbrido P30F53, que perfilhou mais no primeiro ano de ensaio. Avaliaram-se nas parcelas principais quatro doses de N em cobertura (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹), em combinação com as três épocas de aplicação usadas no primeiro ano (V4; V4+V8; V8), nas subparcelas.

As unidades experimentais foram compostas por quatro linhas de 6 m de comprimento, com espaçamento entre si de 0,7 m. A área útil da unidade experimental foi constituída pelas duas fileiras centrais, excluindo 0,5 m na extremidade de cada linha.

A implantação dos experimentos ocorreu nos dias 21/10/2006 e 31/10/2008, no sistema de semeadura direta, sobre restos culturais de aveia-preta. A operação foi realizada com semeadoras manuais, reguladas para distribuir três sementes por cova. Quando as plantas estavam com três folhas expandidas, procedeu-se ao desbaste do excesso de plantas para atingir a população de 55.000 pl ha⁻¹. Com base na fertilidade do solo (Quadro 1) e nas recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo/RS-SC (2004), aplicaram-se nas linhas de semeadura 30 kg ha⁻¹ de N, 245 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 110 kg ha⁻¹ de K₂O, objetivando atingir uma produção de 12 t ha⁻¹ de milho. A adubação de cobertura foi realizada manualmente, aplicando-se ureia superficialmente a 20 cm das linhas de milho, nas épocas definidas para cada tratamento. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme as recomendações para o cultivo de milho.

A percentagem de plantas perfilhadas e o número de perfilhos por planta foram obtidos contando-se o número de plantas que tinham essas estruturas laterais, o número total de perfilhos e o número total de plantas nas unidades experimentais. Essas variáveis foram determinadas nos estádios V9, V15 e VT (pendoamento) do colmo principal, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993), e na colheita, que ocorreu quando todas as folhas estavam senescidas e os grãos com umidade entre 18 e 22 %. As espigas produzidas nos perfilhos foram colhidas separadamente das do colmo principal, a fim de que

Quadro 1. Características físico-químicas do solo nos dois anos de cultivo, na profundidade de 0 a 20 cm

Ano	Argila	MO	pH H ₂ O	P ⁽¹⁾	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	Al ³⁺	m	V
	g kg ⁻¹			mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³				%		
2006/07	420,0	48,8	5,2	4,6	0,51	6,1	2,8	15,2	0,2	-(²)	-
2008/09	420,0	51,0	5,5	5,0	0,50	5,9	2,8	15,3	0,3	0,0	43,7

(¹) Extrator: Mehlich-1. (²) Sem informação.

se pudesse avaliar a contribuição dos perfilhos na produtividade global da área. Além do rendimento dos perfilhos e do colmo principal, determinaram-se os seguintes componentes do rendimento: número de espigas/planta, número de grãos m⁻², massa de mil grãos e número de grãos/espiga.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. A magnitude do efeito dos tratamentos diante do erro experimental foi testada por meio do teste F. Os valores de F para efeitos principais e interações foram considerados significativos a 5 %. Quando significativas, as médias de cada nível dos fatores qualitativos foram comparadas entre si pelo teste DMS de Fischer a 5 %. No caso de fatores quantitativos, efetuou-se a análise de regressão polinomial, testando-se os modelos linear e quadrático, no segundo ano do estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2006/07, houve diferença entre os dois híbridos quanto à capacidade de perfilhamento, em relação a doses e épocas de aplicação de N em cobertura. Nas quatro épocas de avaliação, o híbrido P30F53 teve maior percentagem de plantas perfilhadas e maior número de filhos por planta do que o AS 1560 (Quadro 2). Os mecanismos de controle do desenvolvimento de gemas laterais dependem de características genéticas (Alves et al., 2005). Assim, o perfilhamento varia amplamente entre tipos e cultivares de milho. Akman (2002) também observou diferenças na capacidade de perfilhamento entre cultivares de milho-doce.

A percentagem de plantas perfilhadas até VT (florescimento) oscilou entre 37 e 42 % para o híbrido AS 1560 e entre 64 e 70 % para o P30F53. Ela diminuiu no final do ciclo da cultura para os dois híbridos, em relação às épocas anteriormente amostradas. A sobrevivência dessas estruturas laterais na colheita foi maior para o híbrido P30F53, sendo o número de perfilhos vivos equivalente a 68 % daquele presente no momento da floração. Para o AS 1560, esse valor caiu para 32 %. O número de perfilhos por planta na colheita também foi menor do que nos estádios anteriores para os dois híbridos. Isso demonstra que muitos perfilhos produzidos na fase

Quadro 2. Plantas perfilhadas e número de perfilhos por planta em estádios fenológicos de dois híbridos de milho, na média de doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em 2006/07

Híbrido	Estádio fenológico			
	V9 ⁽¹⁾	V15	VT	Colheita
Plantas perfilhadas (%)				
AS 1560	42,3 b *	37,2 b	37,9 b	12,1 b
P30F53	64,5 a	69,8 a	67,3 a	45,8 a
Perfilhos/planta (n°)				
AS 1560	0,5 b	0,4 b	0,4 b	0,1 b
P30F53	1,1 a	1,0 a	1,1 a	0,5 a

(¹) V9: nove folhas expandidas; V15: quinze folhas expandidas; VT: pendoamento, de acordo com escala de estádios fenológicos proposta por Ritchie et al. (1993). * Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste DMS de Fischer (p < 0,05) para cada uma das variáveis.

vegetativa morrem durante o período de enchimento de grãos, não chegando a completar o ciclo e contribuir diretamente para o rendimento de grãos (Nafzinger, 2006). Contudo, a contribuição pode ser indireta, por meio da retranslocação de fotoassimilados dos perfilhos à espiga do colmo principal nessa fase (Thomison, 2009).

As doses de N interferiram na percentagem de plantas perfilhadas na colheita de 2006/07 (Quadro 3). Nessa época de amostragem, a percentagem de plantas perfilhadas foi tanto mais alta quanto maior a dose de N aplicada em cobertura. Quando não foi realizada a cobertura nitrogenada, apenas 35 % das plantas que tiveram perfilhos vivos no pendoamento permaneceram com essas estruturas viáveis na colheita. A aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N aumentou a sobrevivência dos perfilhos para um valor maior que 72 % do externado em VT, o que reforça a importância do N na redução da mortalidade dos perfilhos. No estádio de alongamento dos entrenós existe grande demanda por N, em razão da competição entre os colmos por esse nutriente. Assim, a maior disponibilidade de N, independentemente da época de aplicação, propiciou maior sobrevivência de perfilhos na colheita. As épocas de aplicação de N não influenciaram a percentagem de plantas perfilhadas

e o número de perfilhos produzidos por planta em nenhuma das épocas de amostragem, no primeiro ano de estudo. Esse resultado diferiu de alguns trabalhos que relataram estímulo das aplicações precoces de N na emissão de afilhos (Longnecker et al., 1993; Mundstock & Bredemeier, 2001) e das aplicações tardias do nutriente no incremento da sobrevivência dessas estruturas (Shah et al., 1994; Wanser & Mundstock, 2007), em cereais de inverno. A falta de resposta à aplicação de N possivelmente deve-se ao teor de matéria orgânica no solo, superior a 50 g kg⁻¹, e à sua contribuição via mineralização do N orgânico. O suprimento de 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura possivelmente também contribuiu para a falta de resposta. Como a definição da emissão dos perfilhos ocorre cedo (entre V4 e V6), provavelmente a disponibilidade de N no sistema foi suficiente para que isso ocorresse independentemente da época de aplicação.

A percentagem de plantas perfilhadas foi alterada pelos efeitos simples de dose e época de aplicação de N, no segundo ano de realização do trabalho (Quadro 3). Ela oscilou entre 53 e 84 % até o florescimento, reforçando a boa capacidade de perfilhamento do híbrido P30F53, já detectada no primeiro ano de estudo. A aplicação de N em cobertura propiciou maior percentagem de plantas perfilhadas do que nas parcelas sem N nas avaliações realizadas em V15 e VT. Incrementos no número de perfilhos, em função do aumento na dose de N, já foram relatados para diversas espécies de Poaceae, especialmente forrageiras (Harris et al., 1996; McKenzie, 1998). Entretanto, a disponibilidade inicial de N não foi suficiente para atender à demanda gerada até a colheita. Após o florescimento, intensificou-se a competição entre o colmo principal e os perfilhos. Por consequência, não se observou maior sobrevivência

de perfilhos nas parcelas que receberam N em cobertura no final do ciclo da cultura.

A aplicação da dose integral ou de metade da dose em V4 aumentou a percentagem de plantas perfilhadas, em relação à aplicação da dose integral em V8, nas avaliações feitas em todos os estádios (Quadro 3). Isso ocorreu porque a antecipação da aplicação de N proporcionou à planta melhor estado nutricional no momento da diferenciação das gemas em perfilhos, que ocorre quando o milho está com até seis folhas totalmente expandidas. Mais bem nutridos, os perfilhos conseguiram aumentar suas taxas de produção de fotoassimilados e sincronizar os processos de crescimento e desenvolvimento com o colmo principal, o que permitiu sua maior sobrevivência até a colheita. Sangoi et al. (2007) verificaram maior acúmulo de massa seca nos afilhos de trigo quando a fertilização nitrogenada foi aplicada nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura. Observou-se que mais de 68 % dos perfilhos quantificados na floração ainda permaneciam viáveis na colheita quando todo o N foi aplicado em V4. A mortalidade de perfilhos foi maior quando todo o N foi aplicado em V8. A cobertura integral em V8 pode ser muito tardia e, no momento que a planta está com um bom estado nutricional, outras características já não são mais favoráveis à emissão de perfilhos, como a quantidade e qualidade da luz que chega aos estratos inferiores do dossel. A qualidade da luz modula precocemente o alongamento de colmos, bem como a capacidade dos cereais em emitir e produzir perfilhos férteis (Almeida & Mundstock, 2001). Com boa disponibilidade de luz de qualidade, as plantas emitiram perfilhos. Aquelas que tinham suprimento adequado de N conseguiram acumular maior matéria seca, garantindo o sincronismo com o crescimento do colmo principal.

Quadro 3. Percentagem de plantas perfilhadas em estádios fenológicos de dois híbridos de milho, em função de dose e época de aplicação de nitrogênio em cobertura em 2006/07 e em 2008/09

Estádio fenológico	Doses de N (kg ha ⁻¹)				Época de aplicação do N		
	0	50	100	200	V4 ⁽²⁾	V4+V8	V8
2006/07							
V9 ⁽¹⁾	50,6 ^{NS}	-	51,7	57,9	53,8 ^{NS}	55,1	51,5
V15	50,7 ^{NS}	-	52,5	57,3	53,0 ^{NS}	56,2	51,3
VT	50,4 ^{NS}	-	51,7	55,7	52,1 ^{NS}	54,3	51,3
Colheita	17,8 c	-	28,6 b	40,6 a*	25,6 ^{NS}	29,4	32,1
2008/09							
V9	58,4 ^{NS}	84,3	71,1	77,9	79,8 a	75,2 a	63,8 b
V15	53,2 b	80,3 a	70,3 a	76,7 a*	78,1 a	71,7 a	60,5 b
VT	53,0 b	78,0 a	71,5 a	75,6 a	77,3 a	70,6 a	60,2 b
Colheita	35,5 ^{NS}	52,3	43,3	50,7	53,2 a	47,2 a	35,9 b

⁽¹⁾ V9: nove folhas expandidas; V15: quinze folhas expandidas; VT: pendoamento, de acordo com escala de estádios fenológicos proposta por Ritchie et al. (1993). ⁽²⁾ V4: quatro folhas expandidas; V8: oito folhas expandidas, de acordo com escala de estádios fenológicos proposta por Ritchie et al. (1993). * Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste DMS de Fischer (P < 0,05). ^{NS} Diferenças não significativas (p < 0,05).

Esse sincronismo do desenvolvimento reduz a mortalidade dos perflhos (Davidson & Chevalier, 1990) e é fundamental para que eles sejam produtivos e contribuam de forma direta para o rendimento de grãos.

No ano agrícola 2006/07, o rendimento de grãos foi alterado pelos efeitos simples de híbrido e dose de N aplicada em cobertura. O híbrido P30F53 foi mais produtivo que o híbrido AS 1560, na média de doses e épocas de aplicação da cobertura nitrogenada (Quadro 4). O maior rendimento de grãos do P30F53 deveu-se tanto à contribuição do colmo principal quanto à dos perflhos, que equivaleu a 8,4 % do rendimento total. Isso evidencia a importância dessas estruturas para híbridos perfilhadores, como o P30F53, as quais são enfatizadas sob baixas densidades de plantas, onde os perflhos propiciam melhor compensação de espaços (Sangoi et al., 2009) – comportamento típico da família Poaceae.

A utilização do N em cobertura aumentou o rendimento de grãos do milho em 2006/07, na média de híbridos e épocas de aplicação de N (Quadro 5). O uso de 100 kg ha⁻¹ de N foi suficiente para produzir rendimento de grãos do colmo principal e total estatisticamente igual à dose de 200 kg ha⁻¹. Mesmo quando não se efetuou a cobertura com N, o rendimento de grãos foi maior que 6,5 t ha⁻¹. Por outro lado, o rendimento de grãos obtido nos perflhos e a contribuição dessas estruturas para o rendimento total aumentaram com o aumento da dose de N, independentemente da época de realização da cobertura nitrogenada. Esses resultados demonstram a importância do N, o qual não apenas mitigou a mortalidade de perflhos na avaliação realizada na colheita, mas também aumentou a capacidade de os perflhos produzirem grãos. Os perflhos podem competir com o colmo principal durante o alongamento dos colmos. Em contrapartida, nos ambientes com alta disponibilidade de recursos, especialmente N, auxiliam a planta por mais tempo, por meio da translocação de reservas, e alcançam o período reprodutivo produzindo grãos em suas espigas.

Quadro 4. Rendimento de grãos do colmo principal, dos perflhos e total de dois híbridos de milho, na média de três doses de nitrogênio e três épocas de aplicação da adubação nitrogenada em 2006/07

Característica	Híbrido	
	AS 1560	P30F53
Colmo principal (kg ha ⁻¹)	7.640 b	9.000 a*
Perflhos (kg ha ⁻¹)	180 b	830 a
Total (kg ha ⁻¹)	7.820 b	9.830 a
Contribuição dos perflhos (%) ⁽¹⁾	2,3 b	8,4 a

⁽¹⁾ Contribuição dos perflhos = (rendimento dos perflhos/rendimento total)*100. *Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste DMS de Fischer (p < 0,05).

Quadro 5. Rendimento de grãos do colmo principal, dos perflhos e participação percentual dos perflhos no rendimento total do milho em função da dose de N, na média de dois híbridos e duas épocas de aplicação da adubação nitrogenada de cobertura em 2006/07

Característica	Dose de N (kg ha ⁻¹)		
	0	100	200
Colmo principal (kg ha ⁻¹)	6.420 b	9.140 a	9.390 a*
Perflhos (kg ha ⁻¹)	360 c	480 b	690 a
Total (kg ha ⁻¹)	6.780 b	9.620 a	10.080 a
Contribuição dos perflhos (%) ⁽¹⁾	5,3 b	5,0 b	6,9 a

⁽¹⁾ Contribuição dos perflhos = (rendimento de grãos dos perflhos/rendimento total de grãos) * 100. *Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste DMS de Fischer (p < 0,05).

No ano agrícola 2008/09, o rendimento de grãos foi influenciado apenas pelo efeito simples da dose de N aplicada em cobertura. O rendimento total de grãos dependeu exclusivamente do rendimento de grãos obtido no colmo principal, não sendo influenciado pela contribuição dos perflhos. O rendimento total de grãos e o do colmo principal aumentaram linearmente com o aumento da quantidade de N aplicada em cobertura, na média das épocas de aplicação (Figura 1). Houve acréscimo de 130 kg no rendimento total de grãos de milho para cada 10 kg de N aplicados em cobertura, sendo a produtividade máxima maior que 11,7 t ha⁻¹. Resposta similar foi observada por Silva et al. (2009), porém com valores absolutos para

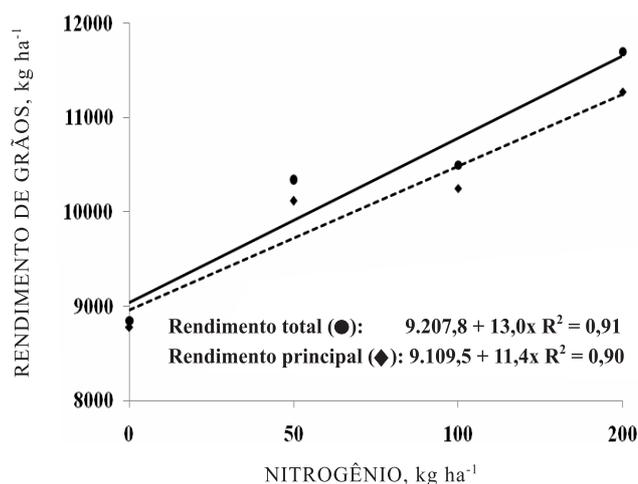


Figura 1. Rendimento de grãos, total e do colmo principal, em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Lages, SC, safra 2008/2009. Média de três épocas de aplicação. Regressões significativas a 5 %. Linhas cheias e círculos representam o rendimento total de grãos. Linhas tracejadas e losangos representam o rendimento de grãos do colmo principal.

rendimento de grãos menores, visto que o suprimento inadequado de N é considerado um dos principais fatores limitantes para o rendimento de grãos da cultura do milho (Escosteguy et al., 1997; Freire et al., 2001; Amado et al., 2002; Silva et al., 2005).

Diferentemente do primeiro ano, em 2008/09 os perfilhos não contribuíram de forma direta para o incremento no rendimento de grãos, com o aumento na quantidade de N aplicada em cobertura. Registrou-se rendimento de grãos nessas estruturas de 240 kg ha⁻¹ (2,1 % do rendimento total), na média dos tratamentos. A baixa produção de grãos nos perfilhos deveu-se ao fato de apenas 6 % das plantas possuem perfilhos com espigas na colheita. A baixa incidência de perfilhos viáveis na colheita provavelmente deveu-se à ocorrência de um período de deficiência hídrica (22 mm) entre meados de janeiro e final de fevereiro, que coincidiu com o período de enchimento de grãos. Estresses ambientais na fase reprodutiva podem causar o aborto dos perfilhos (Maas et al., 1994). Segundo Petr et al. (1988), os fatores que mais contribuem para a morte de perfilhos são a restrição hídrica e a baixa disponibilidade de N. A redução da precipitação provavelmente estimulou a dominância apical, dificultando a produção de grãos nos perfilhos. Contudo, o maior rendimento de grãos nas maiores doses de N também pode estar associado à maior contribuição indireta dos perfilhos, uma vez que estes tiveram maior sobrevivência nos estádios V15 e na floração quando se utilizou N em cobertura (Quadro 3). Schmitt (2008) demonstrou que a contribuição indireta dos perfilhos do milho é importante, indicando que há remobilização de reservas dessas estruturas para o colmo principal. A remobilização de reservas entre perfilhos e colmo principal é pouco observada antes do pendoamento. No entanto, depois da exteriorização dos estigmas e durante o enchimento de grãos, grandes quantidades de fotoassimilados podem mover-se das folhas dos perfilhos para a espiga do colmo principal, principalmente quando o perfilho não produz espigas (Thomison, 2009).

Na safra 2006/07, a aplicação de N em cobertura aumentou o número de espigas por planta, de grãos por espiga e por área, bem como a massa de mil grãos (Quadro 6), o que contribuiu para o maior rendimento

de grãos dessas parcelas, em relação àquelas que não receberam cobertura nitrogenada.

Em 2008/09, o incremento da dose de N aumentou linearmente o número de grãos por espiga e a massa de mil grãos, na média de três épocas de aplicação (Figura 2). Isso colaborou para os incrementos lineares registrados no rendimento total de grãos e do colmo principal nessa estação de crescimento (Figura 1).

Nos dois anos de estudo, a época de aplicação do fertilizante não influenciou o rendimento de grãos

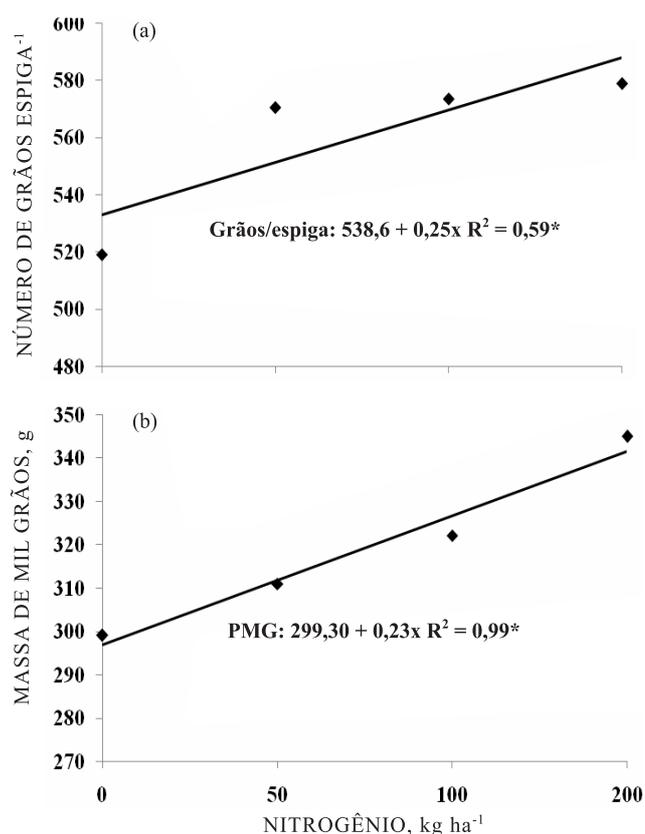


Figura 2. Número de grãos/espiga (a) e massa de mil grãos (b) do colmo principal em função da quantidade de N aplicada em cobertura na safra 2008/09. Regressões significativas a 5 %.

Quadro 6. Componentes do rendimento de grãos do colmo principal e dos perfilhos de dois híbridos de milho submetidos a três doses de N, na média de três épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado em 2006/07

Dose de N kg ha ⁻¹	Componente do rendimento			
	Espiga/planta	Grãos/espiga	Grãos m ⁻²	Massa de mil grãos
		n°		g
0	0,89 b*	430 b	2075 b	309 c
100	0,94 a	499 a	2592 a	351 b
200	0,95 a	479 a	2545 a	369 a

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste DMS de Fischer (P < 0,05).

total, do colmo principal e dos perfilhos, independentemente da dose de N utilizada em cobertura. Isso contrariou a hipótese de que a aplicação de altas doses de N no início do ciclo da cultura fomenta a participação dos perfilhos no rendimento de grãos de milho. Sangoi & Almeida (1994) e Gomes et al. (2007) também não constataram efeitos da época de aplicação do fertilizante nitrogenado sobre o rendimento de grãos do milho, o que provavelmente se deve ao alto teor de matéria orgânica do Nitossolo Vermelho em que se realizou o trabalho (Quadro 1). Acredita-se que o fornecimento de N do solo advindo da mineralização da matéria orgânica mitigou as respostas à época de realização da adubação nitrogenada de cobertura, fato esse corroborado por outros estudos (Bayer & Mielniczuk, 1997; Gianello et al., 2000). Em condições de elevado potencial de suprimento de N pelo solo, os estádios fenológicos para a aplicação desse nutriente possuem menor importância na formação do rendimento de grãos (Wanser & Mundstock, 2007).

CONCLUSÕES

1. A aplicação de N em cobertura aumenta o perfilhamento e a sobrevivência dos perfilhos do milho.
2. A antecipação da cobertura nitrogenada para o estágio V4 do milho pode estimular o perfilhamento, mas não garante a sobrevivência dos perfilhos até a colheita nem incrementa a sua contribuição direta para o rendimento de grãos.
3. Em ambientes com boa disponibilidade de N, os perfilhos contribuem diretamente para elevar o rendimento de grãos da cultura do milho.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de Bolsa de Produtividade em Pesquisa ao primeiro autor e de Iniciação Científica aos alunos do curso de graduação em Agronomia. Ao CNPq, pelo apoio financeiro ao projeto, por meio do Edital MCT/CNPq/CT – Agro N° 43/2008 (Proc. 574955/2008-9). À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal Docente de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da Bolsa de Mestrado aos alunos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

LITERATURA CITADA

- AKMAN, Z. Effect of tiller removing and plant density on ear yield of sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt). *Pakistan J. Biol. Sci.*, 9:906-908, 2002.
- ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L.; ENDER, M. & TRENTIN, P.S. Determinação do momento da emissão de filhos de trigo usando suplementação com luz vermelha e luz vermelha extrema. *Pesq. Agropec. Gaúcha*, 6:89-97, 2000.
- ALMEIDA, M.L. & MUNDSTOCK, C.M. O afilhamento da aveia é afetado pela qualidade da luz em plantas sob competição. *Ci. Rural*, 31:393-400, 2001.
- ALVES, A.C.; MUNDSTOCK, C.M. & MEDEIROS, J.D. Iniciação e emergência de filhos em cereais de estação fria. *Ci. Rural*, 35:39-45, 2005.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:241-248, 2002.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo do solo e sistemas de cultura. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:235-239, 1997.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, SBCS-Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- DAVIDSON, D.J. & CHEVALIER, P.M. Preanthesis tiller mortality in spring wheat. *Crop Sci.*, 30:832-836, 1990.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A. & ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:71-77, 1997.
- FREIRE, F.M.; VASCONCELLOS, C.A. & FRANÇA, G.E. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. *Inf. Agropec.*, 22:49-62, 2001.
- GARCIA DEL MORAL, L.F.; RAMOS, J.M. & RECALDE, L. Tillering dynamics of winter barley as influenced by cultivar and nitrogen fertilizer: A field study. *Crop Sci.*, 24:179-181, 1984.
- GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O.; REICHMAN, E. & TEDESCO, M.J. Avaliação da disponibilidade do nitrogênio do solo estimada por métodos químicos. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:93-101, 2000.
- GOMES, R.F.; SILVA, A.G.; ASSIS, R.L. & PIRES, F.R. Efeitos de doses e épocas de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:931-938, 2007.
- HARRIS, S.L.; THOM, E.R. & CLARK, D.A. Effect of high rates of nitrogen fertilizer on perennial ryegrass growth and morphology in grazed dairy pasture in northern New Zealand. *New Zealand J. Agric. Res.*, 39:159-169, 1996.
- LONGNECKER, N.; KIRBY, E.J.M. & ROBSON, A. Leaf emergence, tiller growth and apical development of nitrogen deficient spring wheat. *Crop Sci.*, 33:154-160, 1993.

- MAAS, E.V.; LESCH, S.M.M.; FRANCOIS, L.E. & GRIEVE, C.M. Tiller development in salt-stressed wheat. *Crop Sci.*, 34:1594-1603, 1994.
- MASLE, J. Competition among tillers in winter wheat: Consequences for growth and development of the crops. In: NATO ADVANCED RESEARCH WORKSHOP ON WHEAT GROWTH AND MODELLING, Bristol, 1984. Proceedings.... New York, Plenum, 1985. p.33-54.
- McKENZIE, F.R. Influence of applied nitrogen on vegetative, reproductive, and aerial tiller densities in *Lolium perenne* L. during the establishment year. *Austr. J. Agric. Res.*, 49:707-711, 1998.
- MUNDSTOCK, C.M. & BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação com o afilhamento e o rendimento de grãos de aveia. *Ci. Rural*, 31:205-211, 2001.
- NAFZINGER, E. Effect of tiller removal on corn yield, Springfield, University of Illinois. Disponível em: < <http://www.cropsci.uiuc.edu/research/rdc/report98/rpt98-12html> >. Acesso em 15 de agosto de 2006.
- PETR, J.; CERNY, V. & HRUSKA, L. Yield formation in cereals. In: PETR, J.; CERNY, V. & HRUSKA, L., eds. Yield formation in the main field crops. Amsterdã, Elsevier, 1988. p.72-153.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J. & BENSON, G.O. How a corn plant develops. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48).
- SANGOI, L. & ALMEIDA, M.L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. *Pesq. Agropec. Bras.*, 29:13-24, 1994.
- SANGOI, L.; BERNIS, A.; ALMEIDA, M.L.; ZANIN, C.G. & SCHWEITZER, C. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta a época de adubação nitrogenada em cobertura. *Ci. Rural*, 37:1564-1570, 2007.
- SANGOI, L.; SCHIMITT, A.; SALDANHA, A.; FIORENTIN, C.F.; PLETSCH, A.; VIEIRA, J. & GATELLI, M.A. Rendimento de grãos de híbridos de milho em duas densidades de plantas com e sem a retirada de perfilho. *Ci. Rural*, 39:325-331, 2009.
- SHAH, S.A.; HARISON, S.A.; BOCQUET, D.J.; COLYER, P.D. & MOORE, S.H. Management effects on yield and yield components of late-planted wheat. *Crop Sci.*, 34:1298-1303, 1994.
- SCHMITT, A. Perfilhamento em milho: Processo benéfico ou prejudicial ao desenvolvimento da planta e ao rendimento de grãos? Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2008. 98p. (Tese de Mestrado).
- SILVA, E.C.; FERREIRA, S.M.; SILVA, G.P.; ASSIS, R.L. & GUIMARÃES, G.L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:725-733, 2005.
- SILVA, M.M.; LIBARDI, P.L. & FERNANDES, F.C.S. Nitrogen doses and water balance components at phenological stages of corn. *Sci. Agric.*, 66:515-521, 2009.
- THOMISON, P.R. Corn growth and development – Does tillering affect hybrid performance? Disponível em: < <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0121.html> >. Acesso em 10 de agosto de 2009.
- WANSER, A.F. & MUNDSTOCK, C.M. Adubação nitrogenada em estádios fenológicos em cevada, cultivar “MN 698”. *Ci. Rural*, 37:942-948, 2007.