



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Wolschick, D.; Carlesso, R.; Petry, M. T.; Jadoski, S. O.
Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial
normal e com "El Niño"
Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 27, núm. 3, 2003, pp. 461-468
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218486008>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO EM ANO COM PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NORMAL E COM “EL NIÑO”⁽¹⁾

D. WOLSCHICK⁽²⁾, R. CARLESSO⁽³⁾, M. T. PETRY⁽⁴⁾ & S. O. JADOSKI⁽⁵⁾

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicação parcelada e antecipada de nitrogênio no milho no sistema plantio direto em sucessão à aveia preta, em dois regimes hídricos. Os tratamentos foram: (a) aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N em pré-semeadura e 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, com aplicação de precipitações pluviais do “El Niño” de 1997/98; (b) aplicação da adubação nitrogenada, sendo 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, 30 kg ha⁻¹ de N aos 31 e 57 dias após a emergência (DAE), com aplicação do “El Niño”; (c) testemunha, sem nitrogênio e com aplicação do “El Niño”, e (d) aplicação da adubação nitrogenada (tratamento b), com aplicação de precipitações pluviais normais. O experimento foi realizado no ano agrícola de 1998/99 na Universidade Federal de Santa Maria, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com duas repetições. Utilizaram-se oito lisímetros de drenagem, que foram protegidos das precipitações pluviais naturais por meio de uma cobertura móvel. Determinaram-se a altura de plantas, o índice de área foliar (IAF), a massa seca da parte aérea, o rendimento de grãos, a percentagem de N e o N total na massa seca e nos grãos. A aplicação de N em ambos os regimes hídricos não influenciou o IAF, altura de plantas, rendimento de grãos, percentagem de N na massa de grãos e N total translocado para os grãos. A produção de massa seca de folhas e colmos e o N total translocado para estas partes da planta foram menores com a aplicação das precipitações pluviais consideradas normais, em relação aos tratamentos com adubação nitrogenada e “El Niño”.

Termos de indexação: manejo de nitrogênio, cobertura do solo, anomalias climáticas.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Recebido para publicação em junho de 2002 e aprovado em abril de 2003.

⁽²⁾ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – UFV. CEP 36105-030 Viçosa (MG). E-mail: doloreswolschick@hotmail.com

⁽³⁾ Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. CEP 97105-900 Santa Maria (RS). Bolsista do CNPq. E-mail: carlesso@ccr.ufsm.br

⁽⁴⁾ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Biodinâmica do Solo, UFSM. E-mail: mirta.petry@terra.com.br

⁽⁵⁾ Professor Adjunto do Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO. CEP 85040-080 Guarapuava (PR). E-mail: sjadoski@unicentro.br

SUMMARY: *NITROGEN APPLICATION ON MAIZE CULTIVATED UNDER NO-TILLAGE SYSTEM IN A YEAR WITH NORMAL PRECIPITATION AND WITH "EL-NIÑO"*

In this study the split application of nitrogen and the maize crop pre-sowing nitrogen application under a no-tillage system followed by black oat, with two rainfall regimes were evaluated. Treatments were: (a) application of 150 kg ha⁻¹ of N in pre-sowing and 30 kg ha⁻¹ of N at sowing with 1997/98 "El-Niño" rainfall applications; (b) nitrogen application, being 30 kg ha⁻¹ of N at sowing, and 30 kg ha⁻¹ of N at 31 and 57 days after emergency (DAE), with "El-Niño" rainfall applications; (c) without N application and "El-Niño" rainfall applications and; (d) nitrogen application (b treatment), with normal rainfall applications. The experiment was conducted during 1998/99 growing season, at the Federal University of Santa Maria, in a completely randomized design, with two replications. A set of eight drainage lysimeters was used, protected from natural rainfall through an arch rain shelter. Leaf area index, plant height, above ground dry matter, grain yield and percent of N in maize grain and dry matter were evaluated. Nitrogen application on both water regimes had no effect on plant leaf area index, plant height, grain yield, percent of N in grains and N translocated to grains. Above ground dry matter and the amount of N carried out to shoot were smaller for the treatments submitted to normal rainfalls, compared to the ones that received N applications and "El-Niño" rainfalls.

Index terms: nitrogen fertilization, soil cover, climate anomalies.

INTRODUÇÃO

O tipo de resíduo vegetal em decomposição na superfície do solo, no sistema plantio direto, pode afetar a eficiência da utilização da adubação nitrogenada da cultura em sucessão. Grande parte das áreas cultivadas em sistema plantio direto no estado do Rio Grande do Sul utiliza a aveia preta como planta de cobertura do solo, no inverno (Pöttker & Roman, 1994). Entretanto, mediante a alta relação carbono/nitrogênio (C/N) de seus resíduos, ocorrem prejuízos com relação ao equilíbrio de N no solo, quando se cultiva milho em sucessão, devido à imobilização de N do solo, diminuindo sua disponibilidade para o milho nos estádios iniciais de desenvolvimento.

No início do crescimento do milho, pequenas quantidades de N são necessárias. Porém, segundo Ritchie et al. (1993), considerando o sistema radicular pouco desenvolvido, somente um pequeno volume de solo é explorado; assim, grandes concentrações de N são necessárias próximas ao sistema radicular para atender à demanda da cultura, pois é neste período que todas as partes da planta são diferenciadas. São definidos também os tamanhos finais das folhas, espigas e outras partes da planta. Dessa forma, a deficiência de N neste período pode reduzir o rendimento de grãos da cultura.

A formação de grãos na cultura do milho está estreitamente relacionada com a translocação de açúcares (Crawford et al., 1982) e de N (Karlen et al., 1988) de órgãos vegetativos, sobretudo das folhas para os grãos. Desta forma, o rendimento de grãos

está diretamente relacionado com a área foliar fotossinteticamente ativa da planta. Folhas bem nutridas em N têm maior capacidade de assimilar CO₂ e sintetizar carboidratos durante a fotossíntese, resultando em maior acúmulo de massa seca e maior rendimento de grãos.

Assim, na utilização da aveia preta como planta de cobertura do solo, no inverno, e da cultura do milho, no verão, deve-se optar por manejos da adubação nitrogenada que propiciem maior oferta de N para a planta nos estádios iniciais de desenvolvimento. Uma alternativa de manejo seria a aplicação antecipada da adubação nitrogenada em relação à semeadura do milho, compensando a imobilização inicial causada pelos microrganismos do solo, liberando mais rapidamente este nutriente ao solo e satisfazendo tanto a necessidade de N dos microrganismos decompositores como das plantas de milho.

O rendimento de grãos do milho com a antecipação da adubação nitrogenada em sistema plantio direto, com cobertura do solo de aveia preta, mostrou-se superior ao do manejo tradicional (parcelamento do N) em anos com distribuição normal das precipitações pluviais (Sá, 1996; Ceretta et al., 1997; Basso, 1999). Na ocorrência de precipitações pluviais intensas, como as observadas durante o fenômeno "El Niño", do ano agrícola de 1997/98, o rendimento de grãos foi inferior ao do manejo tradicional da adubação nitrogenada (Diekow et al., 1998; Basso, 1999). Os autores atribuem este fato às perdas de N por meio da lixiviação de nitrato, causadas por intensas e frequentes precipitações

pluviais que se concentraram, principalmente, durante o período de manejo (dessecagem e rolagem) das plantas de cobertura do solo até os estádios iniciais de desenvolvimento do milho.

Na parte Sul do Continente Sul Americano, a época de influência da fase quente do "El Niño" sobre a precipitação pluvial ocorre de novembro do ano do fenômeno a fevereiro do ano seguinte (Ropelewski & Jones, 1987). No Rio Grande do Sul, a influência é maior na porção oeste do estado, região onde a agricultura tem maior expressão. Os meses de outubro e novembro são os mais afetados, com precipitações pluviais médias para a fase quente ("El Niño"), fria ("La Niña") e para a média climatológica de 300, 172 e 256 mm, respectivamente. Além de dificultar o manejo do N na região, o fenômeno "El Niño" (Cunha, 1997) também provoca atrasos na época de plantio, redução da luminosidade (radiação solar) para as culturas, dificuldades de colheita e redução na qualidade e quantidade dos grãos, além de causar problemas de aeração do solo.

A relação entre as precipitações pluviais intensas e frequentes e a produção agrícola pode auxiliar no processo de tomada de decisão, no sentido de minimizar os impactos do clima, especialmente na produção de grãos e proteção dos recursos hídricos. O comportamento das plantas de milho em relação às alterações climáticas e à adubação nitrogenada pode auxiliar no manejo correto da adubação nitrogenada em sistema plantio direto.

Os objetivos deste trabalho foram: verificar as alterações morfológicas e o rendimento de grãos de milho e determinar a quantidade de N translocada para a parte aérea das plantas de milho submetidas à aplicação parcelada e antecipada de N, em dois regimes hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano agrícola de 1998/99, num conjunto de oito lisímetros de drenagem, com dimensões de 1,40 x 0,95 m e profundidade de 1,40 m, em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), com coordenadas geográficas: latitude 29° 41' 24" S; longitude 53° 48' 42" W; e altitude média de 95 m. O clima da região é subtropical úmido, tipo Cfa2, conforme classificação de Köppen (Moreno, 1961), a temperatura do mês mais frio oscila entre -3 °C e 18 °C; a temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C e a precipitação média anual é de 1.769 mm.

O solo dos lisímetros é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico (EMBRAPA, 1999), e está sendo manejado no sistema plantio direto desde o ano de 1994. No inverno do ano anterior à instalação do experimento (1997), os

lisímetros foram cultivados com aveia preta (*Avena strigosa*) e ervilhaca (*Vicia sativa* L.); de outubro de 1997 a fevereiro de 1998, os lisímetros foram cultivados com milho e, de fevereiro a maio (safrinha), com feijão e, em seguida, foi utilizada a aveia preta como planta de cobertura do solo de inverno. Quando da ocorrência de precipitações pluviais naturais, os lisímetros de drenagem eram protegidos por meio de uma cobertura móvel.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e duas repetições. Os tratamentos testados foram: (1) aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N em pré-semeadura e 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, com aplicação de precipitações pluviais iguais às ocorridas durante o fenômeno do "El Niño" (outubro de 1997 a fevereiro de 1998); (2) aplicação da adubação nitrogenada, segundo recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo - CFS-RS/SC (1995), sendo 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, 30 kg ha⁻¹ de N 31 dias após a emergência (DAE) e 30 kg ha⁻¹ de N aos 57 DAE, com aplicação do "El Niño"; (3) testemunha, sem aplicação de adubação nitrogenada e com aplicação do "El Niño", e (4) aplicação da adubação nitrogenada, segundo recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo - CFS-RS/SC (1995), com aplicação de precipitações iguais às ocorridas no ano de 1996/97 (outubro de 1996 a fevereiro de 1997), consideradas normais para a região. Os tratamentos dois e quatro correspondem ao manejo tradicional da adubação nitrogenada no milho e o tratamento três foi considerado como testemunha.

Foram utilizadas precipitações pluviais iguais às ocorridas durante o ano agrícola de 1996/97, assumidas como sendo normais para a região, porque o volume precipitado mensalmente foi semelhante à média mensal de 30 anos (1961 a 1990) da região (Figura 1), e pela impossibilidade de utilizar médias de vários anos para simular precipitações pluviais diárias, tendo em vista a variabilidade de distribuição e a intensidade.

A forma de N utilizada foi uréia, sendo as aplicações a lanço, com posterior irrigação. A aplicação dos 150 kg ha⁻¹ de N no tratamento com aplicação antecipada de N foi feita sete dias antes da semeadura do milho (20 de novembro de 1998). Esta data correspondeu ao dia 1º de outubro de 1997, para os tratamentos com aplicação de precipitações iguais às do "El Niño", e ao dia 1º de outubro de 1996, para o tratamento com aplicação de precipitações iguais às do ano agrícola de 1996/97. A partir dessa data, foram aplicadas todas as precipitações pluviais diárias que ocorreram de outubro a fevereiro de cada ano agrícola selecionado. O total precipitado diariamente foi aplicado todo de uma vez, por meio de um sistema de gotejamento.

A semeadura do milho Pioneer 3069 foi realizada no dia 27 de novembro de 1998, manualmente, no sistema plantio direto, em linhas, com uma

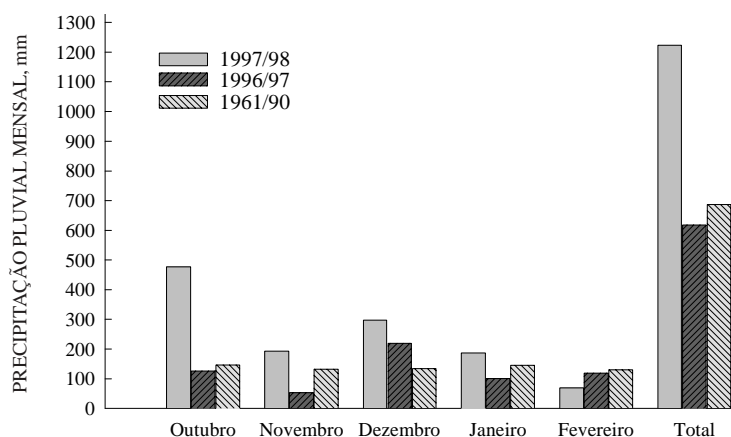


Figura 1. Valores mensais das precipitações pluviárias ocorridas no ano agrícola de 1997/98 ("El Niño"), no ano agrícola de 1996/97 (ano considerado como normal) e média de trinta anos relativa ao período de 1961/90.

população de 60.000 plantas ha^{-1} , com espaçamento entre linhas de 1,0 m. A adubação com potássio e fósforo foi realizada de acordo com o resultado da análise de solo e com as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo - CFS-RS/SC (1995), para a cultura do milho.

O dia 3 de dezembro de 1998 foi considerado como a data de emergência das plantas, quando 50 % das plântulas haviam emergido. Os estádios de desenvolvimento da cultura foram identificados em relação aos dias após a emergência, de acordo com a escala proposta por Ritchie et al. (1993). Após a emergência, três plantas por lisímetro foram selecionadas para determinações não-destrutivas de área foliar, altura de plantas e senescência foliar. As determinações foram realizadas duas vezes por semana, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura.

A área foliar das plantas foi realizada desde a emergência das folhas do cartucho até o aparecimento da bainha e foi determinada a partir da medição do comprimento e largura máxima, multiplicada pelo fator 0,75 (Stickler et al., 1961). As observações de senescência foram efetuadas visualmente, em cada folha, estabelecendo-se uma escala de 0 a 100 % que correspondeu a folhas totalmente verdes e totalmente senescentes, respectivamente. Descontando a percentagem senescente em cada folha, obteve-se a área fotossinteticamente ativa da planta (área foliar). O índice de área foliar foi determinado pela razão entre a área foliar da planta e a área superficial de solo por ela ocupada. A altura de plantas foi medida da superfície do solo até à altura da bainha mais elevada da planta.

A colheita das plantas marcadas em cada lisímetro foi realizada manualmente aos 127 DAE, separando-as em folhas, colmos e espiga,

condicionando-se em estufa à temperatura de 65 °C, até massa constante. A massa das espigas foi determinada individualmente e, posteriormente, separadas em palha, sabugo e grãos. Após a secagem e pesagem, determinou-se a percentagem de N em cada componente da planta. As amostras foram moídas em um microtriturador forrageiro e, posteriormente, em moinho Willey equipado com peneira de 40 mesh. A percentagem de N foi determinada digerindo 0,2 g de tecido vegetal com H_2SO_4 e mistura de digestão (Na_2SO_4 e $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) e, posteriormente, destilando com NaOH em destilador de arraste de vapor semimicro Kjeldahl (Tedesco et al., 1985). O N total acumulado na parte aérea da planta foi obtido por meio da multiplicação da massa seca dos órgãos aéreos da planta pela percentagem de N no tecido vegetal.

Os resultados de índice de área foliar, altura de plantas, massa seca, percentagem de N e N total acumulado foram submetidos à análise da variância e comparação de médias por meio do teste de Duncan, a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 34 a 37 DAE, somente as plantas do tratamento com precipitações pluviárias normais apresentaram valores de índice de área foliar (Figura 2) superiores aos das plantas sem adubação nitrogenada (Quadro 1). O atraso no desenvolvimento das plantas dos tratamentos com adubação nitrogenada e precipitações pluviárias do "El Niño", em comparação às plantas do tratamento com precipitações pluviárias normais, provavelmente foi devido às elevadas precipitações pluviárias no início do ciclo de desenvolvimento. O excesso de água ocasiona problemas de aeração na região de

distribuição do sistema radicular das plantas, dificultando as trocas gasosas no solo. Tais problemas dificultam o aproveitamento da água e nutrientes por parte da planta, com conseqüente redução do seu potencial produtivo. A partir dos 40 DAE, até o final do ciclo da cultura, não se observou diferença estatística entre as plantas dos tratamentos com adubação nitrogenada, somente as plantas que não receberam adubação nitrogenada apresentaram valores de índice de área foliar estatisticamente inferiores aos das plantas dos demais tratamentos (Figura 2 e Quadro 1).

Nas plantas que receberam adubação nitrogenada, observou-se senescência foliar acelerada a partir dos 90 DAE (Figura 2), quando

as plantas estavam no estágio de grão farináceo. Nesse estágio, os grãos contêm em torno de 70 % de água, já tendo acumulado metade da massa seca, sendo a senescência foliar, a partir desse estágio, um processo natural.

No tratamento-testemunha (sem N), observou-se senescência acelerada logo após as plantas terem atingido seu índice de área foliar máximo, apresentando reduzidos valores de índice de área foliar durante o estágio de enchimento de grãos. Nesse estágio, a manutenção de índice de área foliar máximo, com elevada capacidade fotossintética, é essencial para a obtenção de elevados rendimentos de grãos (Alessi & Power, 1975; Fancelli & Dourado Neto, 1996).

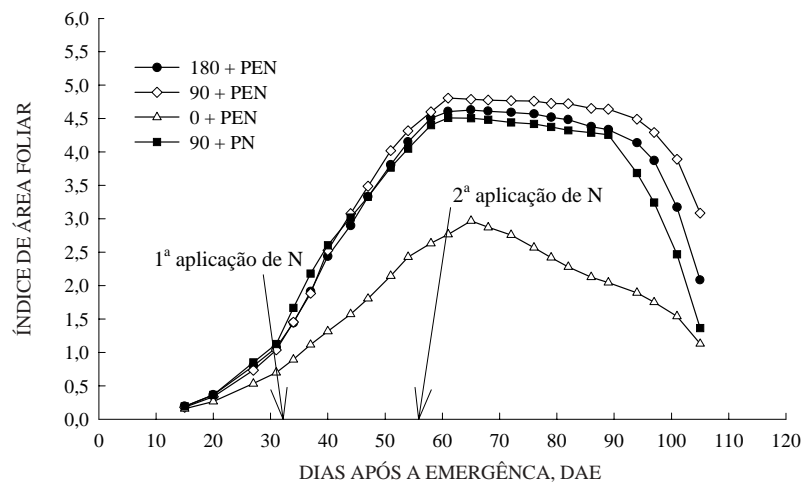


Figura 2. Variação do índice de área foliar durante o ciclo de desenvolvimento das plantas de milho. [150 kg ha⁻¹ de N em pré-semeadura e 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura mais “El Niño” (180 + PEN); 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 30 kg ha⁻¹ de N aos 31 e 57 DAE mais “El Niño” (90 + PEN); sem aplicação de N mais “El Niño” (0 + PEN); e 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, 30 kg ha⁻¹ de N aos 31 e 57 DAE mais precipitação normal (90 + PN)].

Quadro 1. Quadrado médio do tratamento (QMT), quadrado médio do erro (QME) e coeficiente de variação (CV) da análise da variância das variáveis índice de área foliar e altura de plantas

DAE ⁽¹⁾	Índice de área foliar			Altura de planta		
	QMT	QME	C.V. (%)	QMT	QME	C.V. (%)
15	0,00063	0,00077	15,47	4,29491*	0,86736	7,28
20	0,00544	0,00309	16,77	0,56001*	0,06931	1,78
27	0,04168	0,01477	16,71	9,60283*	1,84042	5,97
31	0,07617	0,02812	17,20	15,65298*	2,75486	6,06
34	0,22644*	0,04764	16,03	61,67944*	1,42071	3,44
37	0,43417*	0,11572	19,22	152,92694*	5,27376	5,38
40	0,75735*	0,16302	18,21	197,48158*	1,80931	2,52
44	1,04800*	0,20725	17,24	357,69288*	7,99931	4,14
47	1,28871*	0,24401	16,55	524,25418*	21,30115	5,49

⁽¹⁾ Dias após a emergência das plantas. * Significativos a 5 % pelo teste t.

Até os 31 DAE, somente as plantas do tratamento com precipitações pluviais normais apresentaram valores de altura de plantas (Figura 3) estatisticamente superiores aos das plantas do tratamento-testemunha (Quadro 1). Nas determinações realizadas aos 34, 37 e 40 DAE, as plantas com aplicação parcelada de N e “El Niño” apresentaram valores de altura de plantas inferiores aos das plantas dos tratamentos com aplicação parcelada de N e precipitações pluviais normais e aplicação antecipada de N e “El Niño”. Esse comportamento demonstra que a adubação de 30 kg ha^{-1} de N na semeadura, seguida de intensas e frequentes precipitações pluviais, não foi suficiente para atender à necessidade de N das plantas de milho no estágio inicial do crescimento vegetativo.

A partir dos 44 DAE até o final do estágio vegetativo das plantas, não se observaram diferenças na altura das plantas entre os tratamentos que receberam adubação nitrogenada, somente as plantas do tratamento sem N apresentaram altura das plantas estatisticamente inferiores (Quadro 1 e Figura 3).

Avaliando diferentes métodos de adubação nitrogenada no milho em sucessão à aveia preta, Fleck et al. (1997) constataram incrementos na altura de plantas no início do ciclo à medida que a adubação nitrogenada na semeadura foi aumentada. Durante o desenvolvimento vegetativo, ocorreu uma compensação na altura de plantas nos tratamentos com aplicação parcelada da adubação nitrogenada, desaparecendo as diferenças verificadas no início do estágio de desenvolvimento vegetativo. Este comportamento pode ser explicado pela competição de N pelos microrganismos do solo e pelas plantas no estágio inicial de desenvolvimento vegetativo.

A produção de massa seca de folhas, colmos e grãos foi significativamente menor nas plantas do tratamento-testemunha em relação às plantas dos demais tratamentos (Quadro 2). Os menores valores de índice de área foliar observados nas plantas de milho desse tratamento provavelmente diminuíram a interceptação da radiação solar e a produção de carboidratos, afetando a produção de massa seca de folhas, colmos e grãos.

Comparando diferentes épocas de aplicação de N na cultura do milho em sucessão à aveia preta, durante o ano agrícola de 1997/98 (El Niño), Basso (1999) observou menor rendimento de grãos nos tratamentos que receberam adubação antecipada de N em relação aos tratamentos com parcelamento da adubação nitrogenada. O resultado apresentado por Basso (1999) difere dos encontrados neste trabalho, em que não se observou diferença no rendimento de grãos das plantas submetidas à aplicação de N em pré-semeadura e à aplicação parcelada com precipitações pluviais de 1997/98. Isso provavelmente ocorreu porque a dose de N utilizada em pré-semeadura por aquele autor foi inferior à quantidade utilizada no presente trabalho, bem como pelo maior intervalo de tempo entre a aplicação de N e a semeadura.

Aplicando 175 kg ha^{-1} de N em pré-semeadura e 125 kg ha^{-1} de N parcelados em três vezes, Varshney et al. (1993) também não observaram diferença no rendimento de grãos. Esses resultados e os obtidos neste trabalho indicam que a aplicação parcelada de quantidades menores de N durante o ciclo de desenvolvimento da cultura não reduz o rendimento de grãos em relação à aplicação antecipada de N, podendo ocorrer, na aplicação parcelada, diminuição da lixiviação potencial de nitrato para as águas

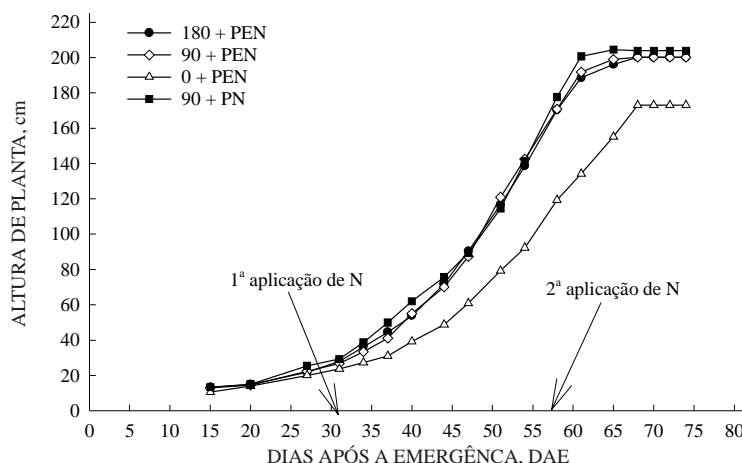


Figura 3. Variação da altura de plantas de milho durante o ciclo de crescimento. [150 kg ha^{-1} de N em pré-semeadura e 30 kg ha^{-1} de N na semeadura mais “El Niño” (180 + PEN); 30 kg ha^{-1} de N na semeadura e 30 kg ha^{-1} de N aos 31 e 57 DAE mais “El Niño” (90 + PEN); sem aplicação de N mais “El Niño” (0 + PEN); e 30 kg ha^{-1} de N na semeadura, 30 kg ha^{-1} de N aos 31 e 57 DAE mais precipitação normal (90 + PN)].

subterrâneas, principalmente em anos com excesso de precipitações pluviais.

A percentagem de N nos sabugos, palha da espiga e grãos das plantas de milho não diferiu entre os tratamentos (Quadro 3). A maior percentagem de N nas folhas + colmos das plantas submetidas à aplicação parcelada de N e precipitações do “El Niño” deveu-se, provavelmente, à adição gradativa de N no solo, decorrente do parcelamento da quantidade total em relação ao tratamento com aplicação antecipada e “El Niño” e das melhores condições hídricas do solo em relação ao tratamento com aplicação parcelada de N e precipitações pluviais normais.

A quantidade de N acumulada na parte aérea das plantas foi de 152, 157, 37 e 128 kg ha⁻¹ de N com aplicação antecipada e “El Niño”, aplicação parcelada e “El Niño”, testemunha e aplicação parcelada e precipitações pluviais normais, respectivamente. Considerando que o N extraído pelas testemunhas corresponde à capacidade do solo em suprir N às plantas e, adicionando este valor às

quantidades de N aplicadas nos demais tratamentos, verifica-se que, dos 180 kg ha⁻¹ de N do tratamento com aplicação antecipada, 65 kg ha⁻¹ de N permaneceram no solo ou lixiviaram, enquanto nos tratamentos com aplicação parcelada de N e precipitações pluviais do “El Niño” e normais, as plantas extraíram do solo quantidades de N superiores às quantidades aplicadas.

As plantas do tratamento com aplicação parcelada e “El Niño” extraíram uma quantidade maior de N do solo em relação às plantas do tratamento com parcelamento da adubação nitrogenada e precipitações pluviais normais, apesar de as quantidades de N aplicadas terem sido iguais (90 kg ha⁻¹ de N). Isto provavelmente ocorreu pela menor umidade do solo durante o desenvolvimento vegetativo e no estágio de enchimento de grãos, causado pela deficiência de precipitações pluviais do ano agrícola de 1996/97, consideradas como normais. Por esse motivo, as plantas absorveram menor quantidade de água e, conseqüentemente, ocorreu

Quadro 2. Massa seca de folhas, colmos e grãos de plantas de milho (na colheita) submetidas a diferentes manejos da adubação nitrogenada e regimes hídricos

Variável	Tratamento ⁽²⁾				C.V.
	180 + PEN	90 + PEN	0 + PEN	90 + PN	
	g planta ⁻¹				%
Folhas	36,34 a ⁽¹⁾	35,72 ab	23,01 c	31,63 b	4,87
Colmos	94,06 a	96,21 a	43,10 c	74,20 b	7,11
Grãos	139,90 a	132,20 a	27,25 b	122,31 a	21,20

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5 %. ⁽²⁾ Tratamentos: (a) 180 + PEN = 150 kg ha⁻¹ de N em pré-semeadura e 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, com “El Niño”; (b) 90 + PEN = 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, 30 kg ha⁻¹ de N aos 31 e aos 57 DAE, com “El Niño”; (c) 0 + PEN = testemunha, sem adubação nitrogenada e precipitações do El Niño, e (d) 90 + PN = 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, 30 kg ha⁻¹ de N aos 31 e aos 57 DAE, com precipitação normal.

Quadro 3. Percentagem de N e N total em componentes de plantas de milho na colheita, submetidas a diferentes manejos da adubação nitrogenada e regimes hídricos

Tratamento	Folha + colmo		Grão		Palha (espiga)		Sabugo	
	N	N total	N	N total	N	N total	N	N total
	%	g planta ⁻¹	%	g planta ⁻¹	%	g planta ⁻¹	%	g planta ⁻¹
180 + PEN	0,39 b ⁽¹⁾	0,50 ab	1,39 a	1,93 a	0,22 a	0,029 ab	0,31 a	0,078 a
90 + PEN	0,48 a	0,63 a	1,45 a	1,88 a	0,23 a	0,034 a	0,28 a	0,069 a
0 + PEN	0,33 b	0,22 c	1,23 a	0,34 b	0,28 a	0,018 c	0,34 a	0,035 a
90 + PN	0,36 b	0,38 b	1,36 a	1,66 a	0,20 a	0,024 bc	0,29 a	0,075 a
C.V. (%)	5,03	7,85	11,01	15,22	11,98	9,02	11,47	19,97

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5 %. ⁽²⁾ Tratamentos: (a) 180 + PEN = 150 kg ha⁻¹ de N em pré-semeadura e 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, com “El Niño”; (b) 90 + PEN = 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, 30 kg ha⁻¹ de N aos 31 e aos 57 DAE, com “El Niño”; (c) 0 + PEN = testemunha, sem adubação nitrogenada e precipitações do El Niño, e (d) 90 + PN = 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, 30 kg ha⁻¹ de N aos 31 e aos 57 DAE, com precipitação normal.

menor absorção de N, visto que o principal mecanismo de suprimento de N do solo para as raízes das plantas é o fluxo de massa, que é afetado pelo conteúdo de água no solo.

A extração de N do solo pelas plantas submetidas ao parcelamento do N e precipitações pluviais do “El Niño” também foi superior à das plantas que receberam a aplicação do dobro da quantidade de N e as mesmas precipitações pluviais, demonstrando que a aplicação parcelada de N durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do milho em anos com “El Niño” favorece a absorção de N pelas plantas em relação à aplicação antecipada, diminuindo as perdas de N e, conseqüentemente, gerando uma maior economia para o produtor, pela utilização de uma menor quantidade de fertilizante nitrogenado.

CONCLUSÕES

1. A massa seca de folhas, colmos e o N total acumulada nas folhas e colmos foram menores com a aplicação das precipitações pluviais consideradas normais, em relação às plantas submetidas às precipitações pluviais do “El Niño e que receberam adubação nitrogenada”.

2. O regime hídrico, bem como a aplicação antecipada ou parcelada de N no milho, não ocasionou redução no índice de área foliar, altura de plantas, rendimento de grãos e N total translocado para os grãos.

3. Não é econômica a aplicação antecipada de N, em altas doses, pois a produtividade obtida com 90 kg ha⁻¹ de N, parcelados em três vezes e em ambos os regimes hídricos, não diferiu da obtida com 180 kg ha⁻¹ de N, aplicados de maneira antecipada e na semeadura.

LITERATURA CITADA

- ALESSI, J. & POWER, J.F. Effect of plant spacing on phenological development of early and midseason corn hybrids in a semiarid region. *Crop Sci.*, 15:179-182, 1975.
- BASSO, C.J. Épocas de aplicação de nitrogênio para milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1999. 76p. (Tese de Mestrado)
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; DIEKOW, J.; MARCOLAN, A.L. & TISSOT, A.R. Possibilidades de manejo do nitrogênio na cultura do milho em sucessão a aveia preta, sob plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., Passo Fundo, 1997. Anais. Passo Fundo, 1997. p.235-237.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - CFSRS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.
- CRAWFORD, T.W.; RENDIG, V.V. & BROADBENT, F.E. Sources, fluxes, and sinks of nitrogen during early reproductive growth of maize (*Zea mays* L.). *Plant Physiol.*, 70:654-660, 1982.
- CUNHA, G.R. El Niño – Oscilação do Sul e suas aplicações na agricultura do Sul do Brasil. *Lav. Arrozreira*, 50:3-12, 1997.
- DIEKOW, J.; CERETTA, C.A. & PAVINATTO, P. É possível antecipar a adubação nitrogenada do milho no sistema plantio direto? In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., Santa Maria, 1998. Anais. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 1998. p.163-166.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- FANCELLI, A.L. & DOURADO NETO, D. Milho: Fisiologia da produção. In: SEMINÁRIO SOBRE FIOLOGIA DA PRODUÇÃO E MANEJO DE ÁGUA E DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO DE ALTA PRODUTIVIDADE, Piracicaba, 1996. Anais, Piracicaba, Potafos, 1996. 29p.
- FLECK, N.G.; NEVES, R. & SILVEIRA, C.A. Avaliação do crescimento inicial de milho semeado em restevras de aveia-preta e ervilhaca manejadas com e sem herbicida. *Pesq. Agropec. Gaúcha*, 3:35-40, 1997.
- KARLEN, D.L.; FLANNERY, R.L. & SADLER, E.J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. *Agron. J.*, 80:232-242, 1988.
- MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961. 46p.
- PÖTTKER, D. & ROMAN, E.S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho ao nitrogênio. *Pesq. Agropec. Bras.*, 29:763-770, 1994.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J. & BENSON, G.O. How a corn plant develops. Ames, Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1993. 21p. (Special Report, 48)
- ROPELEWISKY, C.F. & JONES, P.D. An extension of the Tahiti-Darwin southern oscillation index. *Mon. Wea. Ver.*, 115:2161-2165, 1987.
- SÁ, J.C.M. Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1996, 23p.
- STICKLER, F.C.; WEARDEN, S. & PAULI, A.W. Leaf area determination in grain sorghum. *Agron. J.*, 53:187-188, 1961.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEM, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 118p. (Boletim Técnico, 5)
- VARSHNEY, P.; KANWAR, R.S.; BAKER, J.L. & ANDERSON, C.E. Tillage and nitrogen management effects on nitrate-nitrogen in the soil profile. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 36:783-789, 1993.