

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicação parcelada e antecipada de nitrogênio no milho em sistema plantio direto, em sucessão à aveia preta, em dois regimes hídricos. Os tratamentos foram: 1. aplicação de 150 kg de N ha⁻¹ em pré-semeadura e 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura, com ocorrência de precipitações pluviais do *El Niño* de 1997/98; 2. aplicação da adubação nitrogenada (CFS RS/SC, 1994), sendo 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura e 30 kg de N ha⁻¹ aos 31 e 57 dias após a emergência (DAE), com ocorrência do *El Niño*; 3. testemunha, sem nitrogênio e por ocasião do *El Niño*; e 4. aplicação da adubação nitrogenada (CFS RS/SC, 1994) com ocorrência de precipitações pluviais normais.

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 1998/99, na Universidade Federal de Santa Maria, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com duas repetições. Utilizou-se oito lisímetros de drenagem, que foram protegidos das precipitações pluviais naturais por meio de uma cobertura móvel. Determinou-se a altura de plantas, índice de área foliar (IAF), massa seca da parte aérea, rendimento de grãos, porcentagem 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, porcentagem de N na massa de grãos e N total translocado para os grãos. A produção de massa seca de folhas e colmos, bem como o N total translocado para estas partes da planta, foi menor com a aplicação das precipitações pluviais consideradas normais em relação aos tratamentos com adubação nitrogenada e *El Niño*.

Palavras-chave: manejo de nitrogênio; cobertura do solo; anomalias climáticas.

Adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com “El Niño”¹

Dolores Wolschick², Reimar Carlesso³,
Mirta Terezinha Petry⁴ e Sidnei Osmar Jadoski⁵

Adobación nitrogenada para la cultura del maíz en el sistema de plantío directo (siembra directa) en años de precipitaciones pluviales normales y en años con la influencia de El Niño

Resúmen

Este estudio tuvo por objetivo evaluar la aplicación parcelada y anticipada de nitrógeno en las plantaciones de maíz en el sistema de plantío directo en sucesión a la avena negra en dos regímenes hídricos. Los tratamientos fueron: 1º - aplicación de 150 kg de N ha⁻¹ en pré siembra y 30 kg de N ha⁻¹ en la siembra, con aplicación durante las precipitaciones pluviales de “El Niño” de 1997/1998. 2º Aplicación de adobo nitrogenado (CFS RS/SC 1994) en la siguiente proporción: 30 kg de N ha⁻¹ en la siembra, 31 y 57 días después de la emergencia (DAE), con aplicación durante las precipitaciones de “El Niño”; 3º Testimonio, sin nitrógeno y con aplicación durante las precipitaciones de “El Niño”; 4º Aplicación del adobo nitrogenado (CFS RS/SC, 1994), con aplicaciones durante las precipitaciones pluviales normales. O experimento fue realizado durante los años agrícolas de 1998 a 1999 por la Universidad Federal de Santa María, este experimento fue conducido casualmente y se repitió dos veces. Fueron utilizados ocho lisímetros de drenaje protegidos de las precipitaciones pluviales naturales por una cobertura móvil. Fue determinada el altura de las plantas, el índice de del área de hojas (IAF), la masa seca de la parte aérea, el rendimiento en granos el porcentaje de N y el N total en la masa seca y en los granos. La aplicación de N en ambos regímenes hídricos no influyó el IAF, la altura de la planta, el rendimiento de los granos, el porcentaje de N en la masa seca de los granos y el N dislocado para los granos. La producción de masa seca de hojas y “colmos” bien como el N total dislocado para esas partes de la planta fueron menores cuando aplicadas durante las precipitaciones consideradas normales en relación a los tratamientos realizados con adobo nitrogenado durante las precipitaciones pluviales de “El Niño”.

Palabras llave: manejo de nitrógeno; cobertura del suelo; anomalías climáticas.

- 1 Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, RS. CEP 97105-900.
- 2 Engenheiro Agrônomo, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, MG. CEP 36105-030. E-mail: doloreswolschick@hotmail.com.
- 3 Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria. CEP 97105-900. Bolsista do CNPq. E-mail: carlesso@ccr.ufsm.br.
- 4 Engenheiro Agrônomo, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Biodinâmica do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: mirta.petry@terra.com.br.
- 5 Engenheiro Agrônomo, Prof. Adj. Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO E-mail: sjadoski@unicentro.br.

Introdução

O tipo de resíduo vegetal em decomposição na superfície do solo, no sistema de plantio direto, pode afetar a eficiência da utilização da adubação nitrogenada da cultura em sucessão. Grande parte das áreas cultivadas em sistema de plantio direto no Estado do Rio Grande do Sul utiliza a aveia preta como planta de cobertura do solo no inverno (PÖTTKER e ROMAN, 1994). Entretanto, devido à 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, haja vista a 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), devido ao sistema radicular pouco desenvolvido, somente uma pequena área de solo é explorada. 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, principalmente 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 a 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 no 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 de plantio direto, com cobertura do solo de aveia preta, foi superior em relação ao realizado com 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 em relação ao obtido no 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, devido às intensas e freqüentes 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 se dá de novembro do ano de ocorrência do fenômeno a fevereiro do ano seguinte (ROPELEWISKI e 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 freqüentes 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 de 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 conduzido 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 as coordenadas geográficas: latitude 29°41'24"S e longitude 53°48'42"W; e altitude média de 95 m. O clima da região é subtropical úmido, tipo Cfa 2, 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 1769 mm.

O solo dos lisímetros é classificado como argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico (EMBRAPA, 1999), e está sendo manejado no sistema de 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; 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 de N ha⁻¹ em pré-semeadura e 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura, com presença de precipitações pluviais iguais às ocorridas durante o fenômeno do *El Niño* (outubro de 1997 a fevereiro de 1998); 2. aplicação da adubação nitrogenada,

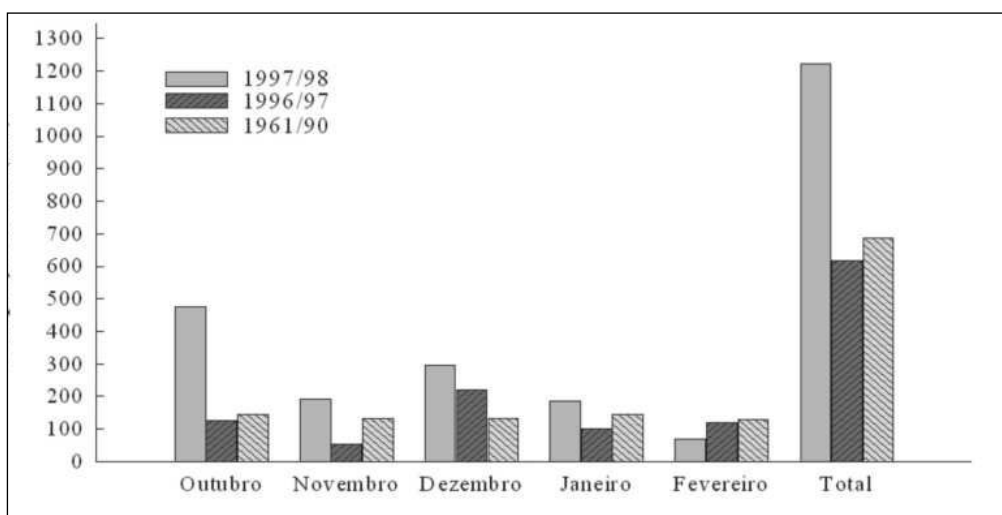
segundo recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo – CFS RS/SC (1995), sendo 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura, 30 kg de N ha⁻¹ aos 31 dias após a emergência (DAE) e 30 kg de N ha⁻¹ aos 57 DAE, com ocorrência do *El Niño*; 3. testemunha, sem aplicação de adubação nitrogenada e com emprego do *El Niño*; e 4. aplicação da adubação nitrogenada, segundo recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo – CFS RS/SC (1995), com 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 o local (Figura 1), e pela impossibilidade de se utilizar médias de vários anos para simular precipitações pluviais diárias, devido à variabilidade de distribuição e intensidade.

A forma de N utilizada foi a uréia, através de aplicações a lanço, com posterior irrigação. A aplicação dos 150 kg de N ha⁻¹ no tratamento, com aplicação antecipada de N, foi realizada 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 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, portanto, 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 de plantio direto, em linhas, com uma população de 60.000 plantas ha⁻¹, com espaçamento entre linhas de 1,0 metro. A adubação com potássio e fósforo foi realizada de acordo com o resultado da análise de solo e seguindo recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo – CFS RS/SC (1995), para a cultura do milho.

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



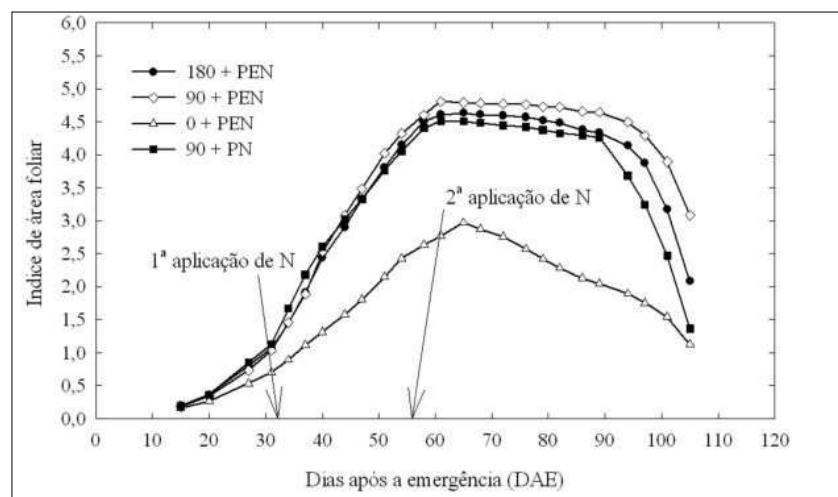
O dia 03 de dezembro de 1998 foi considerado como a data de emergência das plantas, quando 50% das plântulas haviam emergido. Os estádios de desenvolvimento da cultura foram identificados em relação aos dias posteriores à emergência, de acordo com a escala proposta por Ritchie et al. (1993). Após a emergência, 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 dimensão da área foliar das plantas foi contabilizada desde a emergência das folhas do cartucho até o aparecimento da bainha e determinada a partir da medição do comprimento e largura máxima, multiplicada pelo fator 0,75 (STICKLER et al., 1961). As observações de senescência foram realizadas visualmente, em cada folha, estabelecendo-se uma escala de 0 a 100% que correspondeu a folhas totalmente verdes e totalmente senescentes, respectivamente. Descontando a porcentagem senescida 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 ocupada por ela. A altura de plantas foi medida

da superfície do solo até a altura da sua bainha mais elevada.

A colheita das plantas marcadas em cada lisímetro foi realizada manualmente aos 127 DAE, separando-se em folhas, colmos e espiga, acondicionando-as 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 porcentagem de N em cada componente da planta. As amostras foram moídas em um micro triturador forrageiro e, posteriormente, em moinho Willey equipado com peneira de 40 mesh. A porcentagem de N foi determinada digerindo-se 0,2 gramas de tecido vegetal com H_2SO_4 e mistura de digestão (Na_2SO_4 e $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) e, na seqüência, destilando-se com NaOH em destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl (TEDESCO et al., 1985). O N total absorvido e translocado para a parte aérea da planta foi obtido por meio da multiplicação da massa seca dos órgãos aéreos da planta pela porcentagem de N no tecido vegetal.

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

Figura 2. Variação do índice de área foliar durante o ciclo de desenvolvimento das plantas de milho.

[150 kg de N ha⁻¹ em pré-semeadura e 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura mais *El Niño* (180 + PEN); 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura e 30 kg de N ha⁻¹ aos 31 e 57 DAE mais *El Niño* (90 + PEN); sem aplicação de N mais *El Niño* (0 + PEN) e; 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura, 30 kg de N ha⁻¹ aos 31 e 57 DAE mais precipitação normal (90 + PN)].

Resultados e discussão

Na figura 2 são apresentados os índices de área foliar das plantas de milho durante o desenvolvimento da cultura. No período de 34 a 37 DAE, somente as plantas do tratamento com precipitações pluviais normais apresentaram valores de índice de área foliar superiores às plantas sem adubação nitrogenada (Quadro 1). O atraso no desenvolvimento das plantas dos tratamentos com adubação nitrogenada e precipitações pluviais do *El Niño*, em comparação àquelas plantas do tratamento com precipitações pluviais normais, provavelmente foi devido às elevadas precipitações

pluviais 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 às plantas dos demais tratamentos (Figura 2 e Quadro 1).

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 Plantas | | |
|--------------------|-----------------------|---------|--------|-------------------|----------|--------|
| | QMT | QME | CV (%) | QMT | QME | CV (%) |
| 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 Duncan.

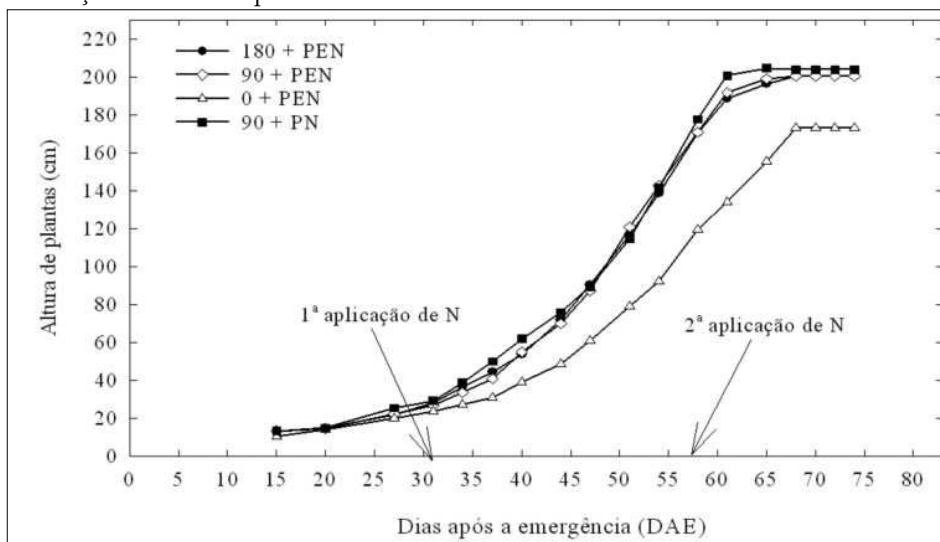
Nas plantas que receberam adubação nitrogenada, observou-se senescência foliar acelerada a partir dos 90 DAE (Figura 2), quando as plantas estavam no estágio de grão farináceo. Nesse estágio, os grãos contêm em torno de 70% de água, já tendo acumulado metade da massa seca, sendo a senescência foliar, 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 e POWER, 1975; FANCELLI e DOURADO NETO, 1996).

Na figura 3 são apresentados os valores de altura de plantas de milho durante o crescimento vegetativo. Até os 31 DAE, somente as plantas do tratamento com precipitações pluviárias normais apresentaram valores de altura de plantas estatisticamente superiores às plantas do tratamento testemunha (Quadro1). 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 àquelas dos tratamentos com

aplicação parcelada de N, precipitações pluviárias normais, 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 freqüentes precipitações pluviárias, 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 observou diferenças na altura das plantas entre os tratamentos que com adubação nitrogenada, somente as plantas do tratamento sem N apresentaram altura estatisticamente inferior à obtida nos demais tratamentos (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 a 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.

Figura 3. Variação da altura de plantas de milho durante o ciclo de crescimento.



[150 kg de N ha⁻¹ em pré-semeadura e 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura, mais *El Niño* (180 + PEN); 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura e 30 kg de N ha⁻¹ aos 31 e 57 DAE, mais *El Niño* (90 + PEN); sem aplicação de N, mais *El Niño* (0 + PEN); e 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura, 30 kg de N ha⁻¹ aos 31 e 57 DAE, mais precipitação normal (90 + PN)].

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 pelo autor difere dos encontrados neste trabalho, onde 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 por este autor em pré-semeadura foi inferior à quantidade utilizada no presente trabalho, como também pelo maior intervalo de tempo entre a aplicação de N e a semeadura.

Aplicando 175 kg de N ha⁻¹ em pré-semeadura e 125 kg de N ha⁻¹ 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 subterrâneas, principalmente em anos com excesso de precipitações pluviais.

A porcentagem de N nos sabugos, palha da espiga e grãos das plantas de milho não diferiu entre os tratamentos (Quadro 3). A maior porcentagem de N nas folhas com colmos das plantas submetidas à aplicação parcelada de N e precipitações do *El Niño* provavelmente ocorreu devido à adição gradativa de N no solo, por meio do parcelamento da quantidade total, em relação ao tratamento com aplicação antecipada e *El Niño*, e pelas melhores condições hídricas do solo em relação ao tratamento com aplicação parcelada de N e precipitações pluviais normais.

A quantidade de N extraída e translocada para a parte aérea das plantas foi 152, 157, 36,6 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 plantas testemunhas corresponde à capacidade do solo de suprir N para elas, e que adicionando este valor às quantidades de N aplicado nos demais tratamentos, verifica-se que dos 180 kg de N ha⁻¹ do tratamento com aplicação antecipada, 63,7 kg de N ha⁻¹ permaneceram no solo ou lixiviaram, enquanto que nos tratamentos com aplicação parcelada de N e

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

| Variáveis | TRATAMENTOS ⁽²⁾ | | | | CV |
|-----------|-----------------------------------|----------|---------|----------|-------|
| | 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% de probabilidade.

⁽²⁾ Tratamentos: (i) 180 + PEN = 150 kg de N ha⁻¹ em pré-semeadura e 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura, com *El Niño*; (ii) 90 + PEN = 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura, 30 kg de N ha⁻¹ aos 31 e aos 57 DAE, com *El Niño*; (iii) 0 + PEN = testemunha, sem adubação nitrogenada e precipitações do *El Niño*; e (iv) 90 + PN = 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura, 30 kg de N ha⁻¹ aos 31 e aos 57 DAE, com precipitação normal.

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

| Tratamentos | Folha + Colmo | | Grãos | | 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 |
| CV (%) | 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% de probabilidade.

⁽²⁾ Tratamentos: (i) 180 + PEN = 150 kg de N ha⁻¹ em pré-semeadura e 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura, com El Niño; (ii) 90 + PEN = 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura, 30 kg de N ha⁻¹ aos 31 e aos 57 DAE, com El Niño; (iii) 0 + PEN = testemunha, sem adubação nitrogenada e precipitações do El Niño; e (iv) 90 + PN = 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura, 30 kg de N ha⁻¹ aos 31 e aos 57 DAE, com precipitação normal.

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 de N ha⁻¹). Isto provavelmente ocorreu pela menor umidade do solo durante o desenvolvimento vegetativo e no estágio de enchimento de grãos, causada pela deficiência de precipitações pluviais do ano agrícola de 1996/97, consideradas como normais. Em função disso, as plantas absorveram menor quantidade de água e, conseqüentemente, ocorreu menor absorção de N, pois 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 às 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 translocado para as 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 ocasionam redução no índice de área foliar, altura de plantas, rendimento de grãos e N total translocado para os grãos;

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

Referências

Apresentadas no final da versão em inglês.