



Resposta do milho à adubação nitrogenada em sucessão a coberturas de solo no outono-inverno em gleissolo

José Antonio Severo Celestino Alves¹, Paulo Regis Ferreira da Silva², Bruno Tadashi³

Resumo - O objetivo do trabalho foi determinar os efeitos de cobertura de solo de outono-inverno sobre a resposta do milho cultivado em sucessão em terras baixas à adubação nitrogenada em cobertura. No Experimento 1, os tratamentos consistiram em três sistemas de cobertura de solo no outono-inverno (cornichão, azevém, pousio) e da aplicação de cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 200, 300 kg ha⁻¹) em cobertura no milho em sucessão. No Experimento 2, os tratamentos constaram de duas épocas de dessecação da serradela nativa e uma testemunha, com área em pousio durante o outono-inverno, e de quatro sistemas de manejo da adubação nitrogenada em cobertura no milho cultivado em sucessão. Os sistemas de manejo constaram de duas doses de N em cobertura (100 e 200 kg ha⁻¹), aplicadas em diferentes épocas. Para os dois experimentos, o delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, dispostos em parcelas divididas, com quatro repetições. O milho em sucessão ao azevém produziu 7,7 e 11,0 % menos em relação, à sucessão ao cornichão e ao pousio. Em relação ao pousio no outono-inverno, com rendimento de grãos de 8,87 Mg ha⁻¹, na média de sistemas de manejo do N, o rendimento de grãos cultivados em sucessão à serradela nativa aumentou em 12,6 e 19,4 %, com as dessecações realizadas aos 56 e 14 dias antes da semeadura. A eficiência agronômica de uso do N pelo milho aumentou com o atraso da época de dessecação da serradela nativa e diminuiu com o incremento da dose de N aplicado.

Palavras-chave: *Zea mays*. Rendimento de grãos. Eficiência agronômica de uso do nitrogênio.

¹ Aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, nº 7.712, CEP 91540-000 Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: joseantonio_sca@hotmail.com

² Docente colaborador pela Faculdade de Agronomia, Departamento de Plantas de Lavoura e Consultor técnico do IRGA, Avenida Bento Gonçalves, nº 7.712, CEP 91540-000 Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: paulo.silva@ufrgs.br

³ Aluno de graduação da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, nº 7.712, CEP 91540-000 Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: brunotadashi11@gmail.com.

Response of corn to nitrogen fertilization in succession to soil cover in autumn-winter in gleissolo

Abstract - The objective of this work was to determine the effects of autumn-winter soil cover on the response of maize grown in succession in lowland to nitrogenous fertilization in coverage. In Experiment 1, treatments consisted of three systems of soil cover in autumn-winter (cornichão, ryegrass, fallow) and the application of five doses of nitrogen (0, 50, 100, 200, 300 kg ha⁻¹) in maize in succession. In Experiment 2, the treatments consisted of two seasons of desiccation of the native serradela and one control, with fallow area during autumn-winter, and four systems of nitrogen fertilization management in cover in maize grown in succession. The management systems consisted of two doses of N in cover (100 and 200 kg ha⁻¹), applied at different times. For the two experiments, the experimental design was of randomized blocks, arranged in divided plots, with four replications. Maize in succession to ryegrass produced 7,7 and 11,0% less in relation to succession to the cornichão and fallow. In relation to the autumn-winter fallow, with yield of grains of 8.87 Mg ha⁻¹, in the average of N management systems, yield of grains grown in succession to the native serradela increased in 12, 6 and 19, 4%, with desiccations carried out at 56 and 14 days before sowing. The agronomic efficiency of N utilization by maize increased with the delay of the native serradela desiccation season and decreased with the increase of the applied N dose.

Keywords: *Zea mays*. Grain yield. Agronomic efficiency of nitrogen use.

Introdução

A escolha da espécie correta de cobertura de solo a ser utilizada na sucessão é um fator determinante para sua eficiência. Normalmente, em terras baixas ocorre excesso hídrico, devido, principalmente, à presença de solos hidromórficos e ao excesso de pluviosidade nesta época do ano. Nesse sentido, a primeira premissa que deve ser atendida pela espécie de cobertura a ser escolhida é a capacidade de se adaptar em áreas com excesso hídrico.

Entre as espécies com capacidade de desenvolvimento nesse ambiente, o azevém (*Lolium multiflorum*), o cornichão (*Lotus corniculatus*) e a serradela nativa (*Ornithopus micranthus*) apresentam grande potencial de utilização como culturas antecessoras ao cultivo do milho. O azevém pode produzir alto rendimento de massa seca com adequada adubação, sendo importante na reciclagem de nutrientes e na adição de resíduos ao solo (SILVA *et al.*, 2017). Pode, ainda, ser pastejado pelos animais neste período do ano. No entanto, no milho em sucessão a poáceas há imobilização de N no solo, resultando em sua menor disponibilidade. Por sua vez, a serradela nativa e o cornichão, embora tenham menor potencial de rendimento de massa seca, são leguminosas adaptadas a solos mal drenados. São capazes de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de N, disponibilizando mais N para o milho em sucessão. Em consequência disso, é possível que a necessidade de aplicação de adubo nitrogenado no milho em sucessão a essas leguminosas seja menor do que em sucessão ao azevém (MARCHESI *et al.*, 2011).

O cultivo de milho em terras baixas apresenta potencialidades e desafios a serem superados (Silva *et al.*, 2017). Os dois principais pré-requisitos para sua implantação são: dotar a área de um eficiente sistema de drenagem e disponibilidade de irrigação, quando necessário. Em experimentos anteriores conduzidos em gleissolo, em que se minimizou estresse por excesso ou deficiência hídrica, foram obtidas altas produtividades de grãos ($> 12 \text{ t ha}^{-1}$). Atendidos esses dois pré-requisitos essenciais, a adoção correta de outras práticas de manejo assume grande importância para se obter alto potencial produtivo.

Dentre essas práticas de manejo, o suprimento adequado de nitrogênio (N) é considerado um dos principais fatores limitantes à obtenção de altas produtividades de grãos de milho. O correto manejo da adubação nitrogenada objetiva suprir a demanda da planta nos períodos mais críticos, maximizar a eficiência de uso desse nutriente e minimizar o impacto ambiental pela redução de suas perdas. Em milho a resposta à adubação nitrogenada em cobertura depende, dentre outros fatores, da espécie e quantidade de resíduos adicionados pela cultura antecessora de outono-inverno. Em cultivos de terras altas, alguns trabalhos foram realizados para desenvolver estratégias de manejo de espécies de coberturas de solo no outono-inverno para cultivo de milho em sucessão. No entanto, para condições de terras baixas há uma lacuna de conhecimento sobre os efeitos de espécies de cobertura de solo no outono-inverno para a resposta do milho à adubação nitrogenada.

Dessa forma, conduziu-se o presente trabalho com o objetivo de determinar os efeitos de coberturas de solo de outono-inverno sobre a resposta do milho à adubação nitrogenada em cobertura, cultivado em sucessão em terras baixas, em um gleissolo.

Material e Métodos

A pesquisa foi composta por dois experimentos conduzidos a campo, sendo um no ano agrícola 2015/16 (Experimento 1) e outro no de 2016/17 (Experimento 2) na Estação Experimental do Arroz, do Instituto Rio Grandense do Arroz (EEA/IRGA), no município de Cachoeirinha, na Região Central do estado do Rio Grande do Sul.

A EEA/IRGA está situada a $29^{\circ}55'30''$ de latitude sul e a $50^{\circ}58'21''$ de latitude oeste e a altitude de 7 m acima do nível do mar. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como subtropical úmido, sendo considerado como transição entre os tipos Cfa1 (isoterma anual inferior a 18°C) e Cfa2 (isoterma anual superior a 18°C). A temperatura mínima média do ar é de $9,8^{\circ}\text{C}$ no mês mais frio (julho) e a temperatura máxima média é de $31,6^{\circ}\text{C}$ no mês mais quente (janeiro). A precipitação pluvial média anual é de 1425 mm e a disponibilidade de radiação solar máxima é de $502 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, no mês de dezembro (INMET, 2015).

O solo da área experimental é classificado como Gleissolo Háptico Distrófico típico. Este tipo de solo é caracterizado por apresentar má drenagem, baixa condutividade hidráulica, saturação de bases inferior 50 % e baixo teor de argila (Streck *et al.*, 2008). Nos dois anos, não foi utilizada a mesma área experimental.

A análise de solo realizada no primeiro ano (março de 2015) indicou as seguintes características físicas e químicas do solo: argila: 24 % (m/v); pH (água): 5,6; Índice SMP: 6,8; P: 24 mg dm^{-3} (Mehlich-1);

K: 25 mg dm⁻³ (Mehlich-1) e matéria orgânica: 24 g kg⁻¹. Já a análise realizada no segundo ano (agosto de 2016) indicou os seguintes valores para as características físicas e químicas do solo: argila 16 % (m/v); pH (água): 5,6; Índice SMP: 6,5; P: 6 mg dm⁻³ (Mehlich-1); K: 36 mg dm⁻³ (Mehlich-1) e matéria orgânica: 24 g kg⁻¹.

Nos dois experimentos utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. No Experimento 1, os tratamentos consistiram de três coberturas de solo no outono-inverno, com cornichão, azevém e pousio e da aplicação de cinco doses de nitrogênio em cobertura (0, 50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹), no milho em sucessão. Nas parcelas principais foram locados os sistemas de cobertura de solo no outono-inverno e nas subparcelas as doses de N aplicadas em cobertura no milho em sucessão.

No Experimento 2, observou-se na área uma nova ressemeadura natural de serradela nativa, obtendo-se alta densidade de plantas. Os tratamentos constaram de duas épocas de dessecação da serradela nativa e uma testemunha em que a área foi deixada em pousio durante o outono-inverno, e de quatro sistemas de manejo da adubação nitrogenada em cobertura no milho em sucessão. As dessecações da serradela foram realizadas nos dias 01 de setembro e 14 de outubro de 2016, correspondendo, respectivamente, a 56 e 14 dias antes da semeadura do milho. No tratamento pousio, dessecou-se a serradela logo após a emergência, ocorrida em março de 2016. Os sistemas de manejo da adubação nitrogenada no milho constaram da aplicação de duas doses N em cobertura: 100 kg ha⁻¹, aplicada em dose única (estádio V₄ ou V₈), e 200 kg ha⁻¹, parcelada em duas épocas de aplicação (V₄ e V₈ ou V₈ e V₁₂). Uma testemunha sem aplicação de N foi incluída. As épocas de dessecação da serradela e o tratamento pousio foram locados nas parcelas principais e os sistemas de manejo da adubação nitrogenada nas subparcelas.

No Experimento 1, foi utilizado o híbrido simples de milho DKB 240 PRO3, de ciclo precoce, da empresa Dekalb Sementes. A semeadura foi realizada em 09 de novembro de 2015, com saraquá. A colheita foi realizada em 07 de março de 2016. Na semeadura foram aplicados 30, 225 e 90 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Parte da adubação potássica foi aplicada em cobertura, sendo 75 kg ha⁻¹ no estádio V₄, junto com a primeira dose de N, e 75 kg ha⁻¹ no estádio V₈, junto com a segunda dose de N.

No Experimento 2, utilizou-se o híbrido simples Pioneer 30F53 VYHR, de ciclo precoce, da Pioneer Sementes. A semeadura foi realizada em 28 de outubro de 2016, com colheita em 14 de março de 2017. Na semeadura foram aplicados 42 kg ha⁻¹ de N, 198 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 90 kg ha⁻¹ de K₂O. Parte da adubação potássica foi aplicada em cobertura, sendo 75 kg ha⁻¹ no estádio V₂ e 75 kg ha⁻¹ no estádio V₄.

As determinações realizadas no milho foram: teor relativo de clorofila na folha, realizou-se a leitura SPAD com o uso do clorofilômetro. No experimento 2, a leitura foi realizada apenas no estádio V₇. A medição foi efetuada em três locais da folha, em cinco plantas por subparcela. Rendimento de massa seca na parte aérea, onde foram coletadas, no espigamento, quatro plantas por subparcela, que foram acondicionados em estufa. Senescência foliar no experimento 2, foi avaliada nos estádios R₁R₂ e R₃ R₄-R₅. A senescência foliar foi obtida pela razão entre o número total de folhas em cinco plantas por subparcela, sendo expressa

em porcentagem. Foram consideradas folhas senescentes aquelas que apresentavam menos de 50 % da área foliar verde.

O rendimento de grãos foi obtido pela extrapolação da produção obtida na área útil da subparcela (10 m²), corrigindo-se a umidade para 130 g kg⁻¹. O número de espigas por metro quadrado foi obtido foi determinado pela razão entre o número de espigas colhidas na umidade experimental pela área útil colhida. O peso do grão foi obtido pela contagem manual de 200 grãos de cada unidade experimental, com posterior pesagem e correção de umidade para 130 g kg⁻¹, e dividindo-se a massa obtida por 200. Já o número de grãos por espiga foi calculado, indiretamente, da seguinte forma: obteve-se inicialmente o número de grãos por espigas colhidas na área útil pela razão entre o peso de grãos obtido na área útil e o peso do grão. Após, dividiu-se esse valor pela área útil obtendo-se o número de grãos por metro quadrado. Por fim, o número de grãos por espiga foi obtido pela razão entre o número de grãos por metro quadrado e o número de espigas por metro quadrado. A EAN foi calculada pela fórmula proposta por Baligar *et al.* (1990): $EAN = (RF - RNF) / QNA$, onde RF é o rendimento de grãos dos tratamentos com adubação nitrogenada (kg ha⁻¹), RNF é o rendimento de grãos do tratamento sem adubação nitrogenada e QNA é a quantidade de N aplicada em cobertura (kg ha⁻¹).

Nos dois experimentos, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F nos níveis de significância de $p < 0,05$ para os efeitos principais e de $p < 0,20$ para a interação (Perecin & Filho, 2008). Quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. Para as variáveis quantitativas avaliadas no Experimento 1, foi realizada a análise de regressão polinomial.

Resultados e Discussão

Para melhor compreensão, a apresentação dos resultados será feita separadamente por experimento. Em cada um dos dois experimentos, serão apresentadas as produtividades da parte aérea das coberturas de solo no outono-inverno e, no milho em sucessão, as características relacionadas ao desenvolvimento da planta, aos componentes do rendimento, ao rendimento de grãos e à eficiência do uso do nitrogênio (N) aplicado.

Experimento 1 – Resposta do milho cultivado em sucessão a coberturas de solo no outono-inverno à adubação nitrogenada em cobertura, em terras baixas. Ano agrícola, 2015/16.

Rendimento de massa seca das coberturas de solo no outono-inverno

Os rendimentos de massa seca de azevém e cornichão foram de 2,26 e 1,27 Mg ha⁻¹, respectivamente. Segundo a classificação de Amado *et al.* (2002), esses rendimentos podem ser considerados como médio e baixo, respectivamente. Isso se deve ao fato de que a semeadura do azevém e do cornichão terem sido realizadas tardiamente, em 25 de maio e 10 de julho, respectivamente. Em experimento realizado

no mesmo solo, Correia *et al.* (2018) obtiveram, na média de três anos, rendimento de massa seca de azevém de 4,77 Mg ha⁻¹.

Características relacionadas ao desenvolvimento da planta de milho

Para rendimento de massa seca da parte aérea não houve efeito significativo de coberturas de solo (Tabela 1).

Tabela 1. Características relacionadas ao desenvolvimento da planta, componentes do rendimento, rendimento de grãos e eficiência agronômica de uso do nitrogênio (EAN) em milho cultivado em sucessão a duas coberturas de solo no outono-inverno e ao pousio, na média de doses de nitrogênio aplicado em cobertura, em um Gleissolo. Cachoeirinha-RS, 2015/16.

Características do milho	Cobertura de solo no outono-inverno			CV ³ (%)
	Azevém	Cornichão	Pousio	
Rendimento de massa seca no espigamento (Mg ha ⁻¹)	20,30 ns	21,80	20,50	34,2
Espigas m ² (no.)	7,6 ns	7,8	8,1	14,3
Grãos espiga ⁻¹ (no.)	488 b*	508 ab	519 a	6,5
Peso do grão (mg)	247 ab*	251 a	246 b	1,9
Rendimento de grãos (Mg ha ⁻¹)	9,61 b*	10,35 ab	10,69 a	10,8
EAN (kg de grãos kg ⁻¹ de N aplicado)	30,5 ns	28,5	37,2	55,8

¹De acordo com a escala de Ritchie et al. (1993); ²ns-não significativo, a 5 % de probabilidade; ³Coefficiente de variação; *Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Com o incremento da dose de N em cobertura, o teor relativo de clorofila nos dois estádios avaliados (Figura 1) aumentou de forma quadrática, na média de coberturas de solo no outono-inverno. Isso evidencia que as plantas de milho absorveram mais N à medida que se incrementou a dose de N aplicada. Essa alta resposta dessa característica ao incremento da dose de N aplicada deve-se ao fato de que o gleissolo utilizado apresenta baixo teor de matéria orgânica e textura arenosa.

Componentes do rendimento e rendimento de grãos

Para o componente do rendimento número de espigas por metro quadrado o efeito simples de coberturas de solo no outono-inverno não foi significativo (Tabela 1). Já os outros dois componentes do rendimento, número de grãos por espiga e peso do grão, foram influenciados pela cobertura de solo. O número de grãos por espiga do milho em sucessão ao pousio e ao cornichão foi, respectivamente, 6,3 e 4,1 % superior ao obtido em sucessão ao azevém. Já o peso do grão, embora tenha havido diferença estatística em função de cobertura de solo, variou muito pouco em função de cobertura de solo no outono-inverno, de 246 a 251 mg.

Para rendimento de grãos de milho foram significativos os efeitos principais de coberturas de solo e doses de N aplicado no milho. O milho em sucessão ao azevém produziu 7,7 e 11,0 % menos em relação ao seu cultivo em sucessão ao cornichão e ao pousio, respectivamente (Tabela 1).

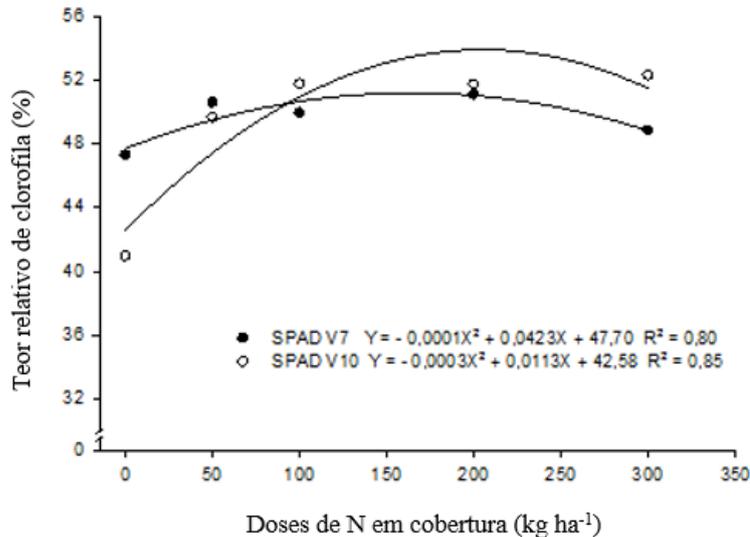


Figura 1. Teor relativo de clorofila na folha de milho (Leitura SPAD) nos estádios de desenvolvimento¹ V₇ e V₁₀ em função de doses de nitrogênio (N) aplicado em cobertura no milho, na média de duas coberturas de solo e do pousio, em um Gleissolo. Cachoeirinha-RS, 2015/16. ¹ Conforme escala de Ritchie et al. (1993).

Esse menor rendimento de grãos de milho em sucessão ao azevém pode estar associado à alta relação C/N dos resíduos de azevém. Segundo Aita & Giacomini, (2003), a alta relação C/N de resíduos vegetais pode reduzir a cinética de decomposição e intensificar o processo de imobilização de nutrientes no período que antecede o cultivo de milho. Esta situação pode ser crítica, principalmente se coincidir com estádios fisiológicos de alto requerimento de N e de outros nutrientes pela planta.

Em experimento conduzido no mesmo tipo solo com arroz irrigado durante três anos, também foi observada redução do rendimento de grãos de arroz quando em sucessão ao azevém, com alto rendimento de massa seca (4,77 Mg ha⁻¹), em relação à sucessão ao pousio e à serradela nativa (Correia *et al.*, 2018).

Algumas alternativas de manejo vêm sendo estudadas para minimizar essa redução que se verifica no rendimento de grãos de milho em sucessão a espécies poáceas. Dentre estas, destacam-se o aumento da dose de N aplicada na semeadura e o atraso da época de semeadura do milho após a dessecação dessas espécies (Sangoi *et al.*, 2016). Com relação a esta última estratégia, ela não foi limitante no presente experimento, porquanto a dessecação do azevém ocorreu aos 40 dias antes da semeadura do milho.

O fato de que o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão ao cornichão não tenha sido superior ao obtido em sucessão ao pousio (Tabela 1), pode ser atribuído ao baixo rendimento de massa seca da parte aérea dessa espécie, devido à época tardia de semeadura.

Com o incremento da dose de N aplicada, o rendimento de grãos aumentou de forma quadrática, na média de coberturas de solo no outono-inverno (Figura 2). A resposta do milho à adubação nitrogenada foi

alta, variando de 6,80 Mg ha⁻¹, no tratamento sem N em cobertura, a 13,10 Mg ha⁻¹. Esse aumento do rendimento com o incremento da dose de N deveu-se, principalmente, ao aumento do número de grãos por espiga e do peso do grão, já que o número de espigas por metro quadrado não variou em função da dose de N aplicada. Essa alta resposta à adubação nitrogenada deve-se ao fato de que o solo utilizado apresentar baixo teor de matéria orgânica e textura arenosa.

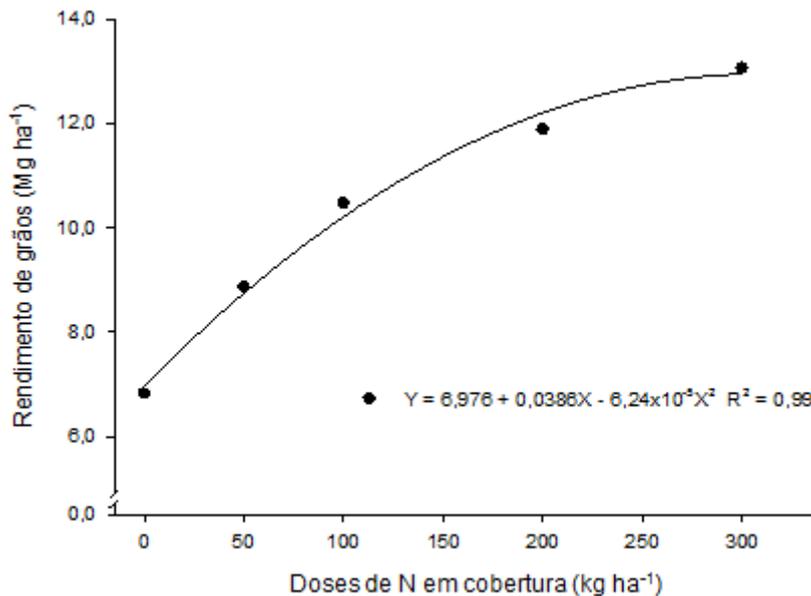


Figura 2. Rendimento de grãos de milho em função de doses de nitrogênio (N) aplicado em cobertura, na média de duas coberturas de solo no outono-inverno e do pousio, em um Gleissolo. Cachoeirinha-RS, 2015/16.

As doses de N recomendadas para a cultura do milho variam em função do teor de matéria orgânica do solo, da expectativa de produtividade, da cultura antecedente e da quantidade de fitomassa por ela produzida (CQFS, 2016). Assim, quanto menor o teor de matéria orgânica do solo maior deverá ser a dose de N utilizada. Quanto maior a expectativa de rendimento de grãos, maior deve ser a dose de N a ser aplicada, já que para cada tonelada de grãos de milho produzida há uma extração de 25 a 28 kg de N (Sangoi *et al.*, 2016).

Eficiência agronômica de uso do N aplicado (EAN)

A EAN não variou em função de coberturas do solo (Tabela 1). Com o incremento da dose de N aplicada em cobertura no milho, a quantidade de quilogramas de milho produzida por quilograma de N aplicado diminuiu linearmente (Figura 3). A EAN diminuiu de 42,4 kg kg⁻¹, com a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N, para 20,8 kg kg⁻¹, com a aplicação da maior dose de N (300 kg ha⁻¹).

O modelo quadrático de resposta da EAN à adubação nitrogenada pode estar relacionado ao fato de que a eficiência de absorção de nutrientes se reduz com altas aplicações de fertilizantes, já que as plantas regulam para baixo seus mecanismos de transporte, absorvendo os nutrientes apenas a taxas suficientes para

atender às demandas de crescimento (Fageria *et al.*, 2011). Isso ocorre devido ao fato de que, com menores quantidade de N aplicado, há maior absorção desse nutriente pela planta, diminuindo, assim, as perdas para o ambiente. Esse decréscimo obtido na EAN com o incremento da dose de N no presente experimento está de acordo com a Lei de Mitscherlich, que observou que, quando se aplicada doses crescentes de um nutriente, o aumento na produtividade é elevado inicialmente, mas decresce posteriormente (Andrade *et al.*, 2014).

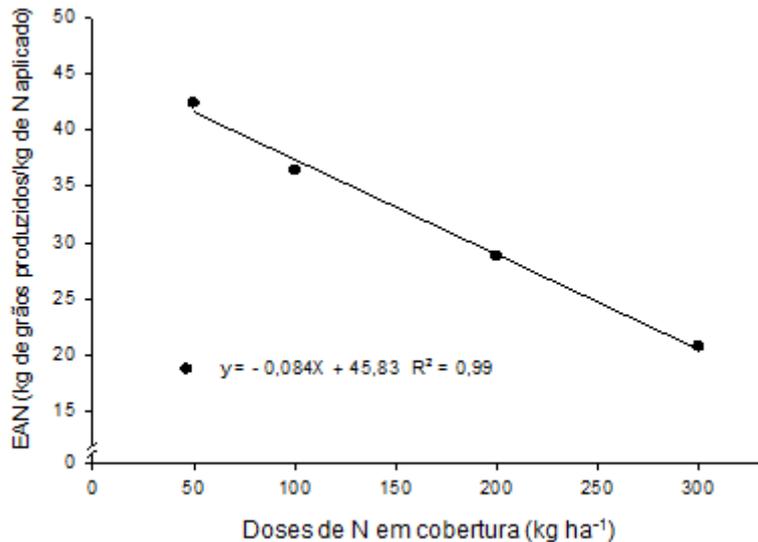


Figura 3. Eficiência agrônômica de uso do N (EAN) em milho em função de doses de nitrogênio (N) aplicado em cobertura, na média de duas coberturas de solo no outono-inverno e do pousio, em um Gleissolo. Cachoeirinha-RS, 2015/16.

Experimento 2 – Manejo da adubação nitrogenada em cobertura no milho em sucessão à serradela nativa em terras baixas. Ano agrícola, 2016/17.

Rendimento de massa seca da serradela nativa como cobertura de solo no outono-inverno

O atraso da época de dessecação da serradela de 56 para 14 dias antes da semeadura do milho aumentou o rendimento de massa seca da parte aérea em 77,4 %, de 2,34 para 4,31 Mg ha⁻¹. Segundo a classificação de Amado *et al.* (2004), os rendimentos de massa seca da parte aérea passaram de médio para alto (> 3,00 Mg ha⁻¹), conforme ocorreu o atraso da época de dessecação da serradela. Com o atraso da época de dessecação há maior tempo para desenvolvimento da serradela, que cresce a maior taxa quando as temperaturas começam a se elevar em agosto a outubro. Por outro lado, em se tratando de uma espécie de baixa relação C/N, sua dessecação pode ser retardada para muito próximo da semeadura do milho. Em experimento realizado com a cultura do arroz irrigado no mesmo solo, Correia *et al.* (2018) obtiveram, na média de três anos, rendimento de massa seca de serradela de 2,87 Mg ha⁻¹.

Considerando que uma tonelada de massa seca da parte aérea da serradela acumula cerca de 42 kg de N (Correia *et al.*, 2018), isso significa que, com um rendimento de massa seca de 4,31 Mg ha⁻¹ haveria um

acúmulo de uma grande quantidade de N, cerca de 180 kg ha⁻¹, que estaria disponível para o milho em sucessão.

Características relacionadas ao desenvolvimento da planta de milho

O teor relativo de clorofila na folha no estágio V₇ foi maior no milho em sucessão à serradela em relação ao em sucessão ao pousio, indicando que houve maior acúmulo de N. Isso se refletiu em menor senescência foliar na avaliação realizada nos estádios R₃-R₄ (Tabela 2).

Tabela 2. Características relacionadas ao desenvolvimento da planta, componentes do rendimento, rendimento de grãos e eficiência agrônômica de uso do N (EAN) em milho cultivado em sucessão à serradela nativa como cobertura de solo no outono-inverno, dessecada em duas épocas, e ao pousio, na média de doses e estádios de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura no milho, em um Gleissolo. Cachoeirinha-RS, 2016/17.

Características agrônômicas do milho	Época de dessecação da serradela			CV ³ (%)
	Pousio	Serradela		
		56 DAS ²	14 DAS	
Teor relativo de clorofila na folha (Leitura SPAD) - estágio V ₇ ¹	48,0 b *	52,0 a	51,9 ab	7,9
Senescência – estádios R ₃ -R ₄ (%)	41 a	38 ab	37 b	9,3
Espigas m ⁻² (no.)	7,9 ns ²	7,8	7,9	8,4
Grãos espiga ⁻¹ (no.)	372 ns	423	459	24,8
Peso do grão (mg)	283 ns	289	293	6,6
Rendimento de grãos (Mg ha ⁻¹)	8,87 b *	9,99 a	10,59 a	10,8
EAN (kg de grãos kg ⁻¹ de N aplicado)	27,50 b	37,32 ab	42,57 a	28,2

¹De acordo com a escala de Ritchie et al. (1993); ²Dias antes da semeadura do milho; ³Coefficiente de variação; ⁴ns-não significativo, a 5 % de probabilidade; *Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Com relação aos efeitos de sistema de manejo da adubação nitrogenada em cobertura, observou-se que o teor relativo de clorofila na folha no estágio V₇ foi maior com a aplicação da maior dose de N (200 kg ha⁻¹), parcelada em duas vezes (Tabela 3). Inversamente, a senescência foliar nos estádios R₃-R₄ foi menor com a aplicação da dose mais alta de N (200 kg ha⁻¹).

Componentes do rendimento e rendimento de grãos

Os três componentes do rendimento não foram influenciados significativamente pela época de dessecação da serradela, na média de sistemas de manejo da adubação nitrogenada no milho em sucessão (Tabela 2). No entanto, observa-se que para número de grãos por espiga e peso do grão de milho houve uma

tendência de obtenção de maiores valores numéricos à medida que se atrasou a época de dessecação da serradela em relação ao pousio.

Com relação aos efeitos de sistema de manejo da adubação nitrogenada em cobertura, observou-se que o número de espigas por metro quadrado não variou em função de dose e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura (Tabela 3).

Por sua vez, obteve-se maior número de grãos por espiga com a aplicação da maior dose de N (200 kg ha⁻¹), com metade aplicada em V₄ e metade em V₈. Já o peso do grão foi maior com a aplicação da maior dose de N, independentemente do parcelamento de sua aplicação.

O rendimento médio de grãos de milho obtido no Experimento 2 foi de 9,81 Mg ha⁻¹, variando de 8,88 a 10,68 Mg ha⁻¹. No tratamento testemunha, sem aplicação de N em cobertura, o rendimento de grãos foi de 4,77 Mg ha⁻¹. Para essas características foram significativos os efeitos principais de época de dessecação da serradela e sistemas de manejo da adubação nitrogenada. Na média de sistemas de manejo da adubação nitrogenada, o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão à serradela nativa, com dessecações realizadas aos 54 e 14 dias antes da semeadura do milho, aumentou em 12,6 e 19,4 %, respectivamente, em relação ao obtido no tratamento com pousio no outono-inverno (Tabela 2).

Esse maior rendimento de grãos de milho obtido com o atraso da época de dessecação da serradela pode estar associado ao fato de que, por apresentar maior rendimento de massa seca com o atraso da dessecação, a serradela disponibilizou maior quantidade de N para o milho em sucessão. No entanto, devido à baixa relação C/N, a velocidade de liberação de N de resíduos de espécies fabáceas é muito rápida. Em função disto, recomenda-se que a semeadura do milho ocorra num período de tempo inferior a uma semana após o manejo desta cobertura de solo (Aita *et al.*, 2001). Esta recomendação foi observada no presente estudo, pois a segunda época de dessecação da serradela ocorreu aos 14 dias antes da semeadura do milho. Outra vantagem do uso da serradela é a liberação mais lenta do N em relação a dos adubos nitrogenados químicos, representando menor risco de poluição ao ambiente (Amado *et al.*, 2002). O crescimento inicial da serradela é lento quando a temperatura é mais baixa, como no final do outono e inverno. Com o aumento da temperatura a partir de agosto, aumenta a taxa de crescimento dessa cobertura de solo.

Com relação aos efeitos de sistema de manejo da adubação nitrogenada em cobertura, observou-se que não houve diferença no rendimento de grãos quando se aplicou a dose de 100 kg ha⁻¹ de N no estágio V₄ ou V₈ (Tabela 5). Da mesma forma, não houve diferença no rendimento com o parcelamento da aplicação da maior dose de N (200 kg ha⁻¹), metade no estágio V₄ e metade em V₈ e metade em V₈ e metade em V₁₂.

Eficiência agronômica de uso do N aplicado (EAN)

Na média de sistemas de manejo da adubação nitrogenada, a EAN no milho cultivado em sucessão à serradela nativa, com dessecações realizadas aos 56 e 14 dias antes da semeadura do milho, aumentou em 36 % e 55 %, respectivamente, em relação ao obtido no tratamento com pousio no outono-inverno (Tabela 2). Essa maior eficiência de uso do N no milho à medida que se atrasou a época de dessecação da serradela,

deve-se ao seu maior acúmulo de massa seca com o atraso da dessecação. Com isso, foi disponibilizada maior quantidade de N para o milho em sucessão, resultando em maior rendimento de grãos.

Com relação aos efeitos de sistema de manejo da adubação nitrogenada em cobertura, observou-se que a EAN diminuiu quando se aumentou a dose de 100 para 200 kg ha⁻¹ (Tabela 3). De outra parte, a época de aplicação (V₄ ou V₈) da menor dose não afetou a EAN, assim como o parcelamento da maior dose (200 kg ha⁻¹). Esse decréscimo da EAN com o incremento da dose de N aplicada está de acordo com a lei de Mitcherlich. Segundo essa lei, quando se aplicam doses crescentes de um nutriente, o aumento no rendimento é elevado inicialmente, mas decresce posteriormente (Andrade *et al.*, 2014).

Tabela 3. Características relacionadas ao desenvolvimento da planta, componentes do rendimento, rendimento de grãos e eficiência de uso do nitrogênio (EAN) em milho em função de doses e estádios de aplicação de (N) em cobertura, na média de épocas de dessecação da serradela nativa e do pousio como cobertura de solo no outono-inverno, em um Gleissolo. Cachoeirinha-RS, 2016/17.

Características agrônômicas do milho	Dose (kg ha ⁻¹)/estádio ¹ de aplicação de N				CV ² (%)
	100	100	200	200	
	V ₄	V ₈	V ₄ +V ₈	V ₈ +V ₁₂	
Teor relativo de clorofila na folha (Leitura SPAD) no estádio V ₇	51,8 ab*	49,3 b	52,6 a	48,8 b	5,8
Senescência – estádio R ₃ -R ₄ (%)	45 a	40 b	36 bc	34 c	10,4
Espigas m ⁻² (no.)	7,8 ns ³	7,5	7,9	7,0	7,9
Grãos espiga ⁻¹ (no.)	392 b	410 ab	461 a	410 ab	13,8
Peso do grão (mg)	276 b	277 b	298 a	300 a	3,5
Rendimento de grãos (Mg ha ⁻¹)	8,88 b*	9,13 b	10,55 a	10,68 a	11,3
EAN (kg de grãos kg ⁻¹ de N aplicado)	41,10 a	43,63 a	28,91 b	29,56 b	24,7

¹De acordo com a escala de Ritchie et al. (1993); *Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05); ²Coeficiente de variação; ³não significativo, a 5 % de probabilidade.

Conclusões

A presença de azevém como cobertura de solo no outono-inverno diminui o rendimento de grãos de milho em relação ao seu cultivo em sucessão ao cornichão e ao pousio.

O cultivo de serradela nativa como cobertura de solo no outono-inverno é uma estratégia eficiente para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência agrônômica de uso do nitrogênio aplicado em cobertura no milho em sucessão, especialmente quando dessecada mais próxima da semeadura do milho.

Referências

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.27, n.4, p. 601-

612, 2003.

AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.25, p. 157-165, 2001.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura de solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.1, p.241–248, 2002.

ANDRADE, F. R. et al. Desempenho agrônômico do milho a doses e épocas de aplicação de nitrogênio no Cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias/amazonian Journal Of Agricultural And Environmental Sciences**, Lavras, v. 57, n. 4, p.358-366, dez. 2014.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul**. 11.ed. [S.l.], 2016. 376 p.

CORREIA, S. L et al. Performance of flooded rice grown in succession to winter cover crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 42, p.1-11, 2018.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. Corn. In: FAGERIA, N. K.; BALIGAR V.C.; JONES, C.A. (Eds.). **Growth and mineral nutrition of field crops**. 3. Ed. Madison: Marcel Decker, 2011. p. 313-342.

MARCHESE, D.R. **Manejo da palha de azevém para cultivo de arroz irrigado em sucessão**. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado – Plantas de Lavoura) – Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.

RITCHIE, S.W. et al. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, v. 48)

SANGOI, L. et al. **Estratégias de manejo da adubação nitrogenada em milho na região sul do Brasil**. Lages, SC: Graphel, 2016. 119 p.

SILVA, P.R.F.; MARCHESAN, E.; SCHOENFELD, R. Rotação e sucessão de culturas em áreas de arroz irrigado. In: EMYGDIO, B.M.; ROSA, A.S.P.A; OLIVEIRA, A.C.B. de (Ed. Téc.). **Cultivo de soja e milho em terras baixas no Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p.267-284.

STRECK, E.V.et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p