



ARTIGO ORIGINAL

Orivaldo Arf¹
Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues¹
Adriano Stephan Nascente^{2*}
Mabio Chrisley Lacerda²

¹Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Avenida Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil

²Embrapa Arroz e Feijão – CNPAF, Rodovia GO-462, km 12, Zona Rural, 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil

*Autor Correspondente:
E-mail: adriano.nascente@embrapa.br

PALAVRAS-CHAVE

Oryza sativa L.
Nutrição mineral
SPD
Cerrado

KEYWORDS

Oryza sativa L.
Mineral nutrition
NTS
Cerrado

Aduação antecipada de nitrogênio na cultura do arroz de terras altas sob plantio direto

Early nitrogen fertilization in the crop of upland rice under no-tillage

RESUMO: No sistema plantio direto (SPD), devido à presença de palha na superfície do solo, principalmente de gramíneas, é possível ocorrer maior imobilização do nitrogênio (N), que pode ficar indisponível às plantas de arroz, sendo necessário antecipar sua aplicação no momento da semeadura. Desse modo, o objetivo do trabalho foi determinar o efeito da época de aplicação de nitrogênio na altura e acamamento de plantas, nos componentes de produção, produtividade e na qualidade industrial de grãos de arroz. O experimento foi desenvolvido durante três safras agrícolas em condições de campo no município de Selvíria, MS. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constaram do manejo da adubação nitrogenada (1- Controle, sem N; 2-100 kg ha⁻¹ do N em semeadura; 3-75 kg ha⁻¹ do N em semeadura e 25 kg ha⁻¹ em cobertura; 4-50 kg ha⁻¹ em semeadura e 50 kg ha⁻¹ em cobertura; 5-25 kg ha⁻¹ em semeadura e 75 kg ha⁻¹ em cobertura; e 6-100 kg ha⁻¹ do N em cobertura). Concluiu-se que a altura de plantas, componentes de produção e qualidade industrial de grãos de arroz são pouco afetadas pelo manejo da adubação nitrogenada. A aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N, independente da época, proporciona maior acamamento de plantas. A época de aplicação de N não afeta a produtividade de grãos na cultura do arroz de terras altas em sistema plantio direto.

ABSTRACT: In no-tillage systems (NTS), due to the presence of straw on the soil surface, especially grasses, greater nitrogen (N) immobilization may occur, making it unavailable to the rice plants; therefore, a greater amount of N may need to be applied at sowing. The objective of this study was to determine the effect of timing of nitrogen application on plant height and lodging, yield components, grain yield and industrial quality of rice grains. The experiment was conducted during three growing seasons under field conditions in the municipality of Selvíria, Mato Grosso do Sul state, Brazil. The experiment was carried out in a completely randomized block design, with six treatments and four replications. The treatments consisted of the following nitrogen management: 1. Control, without N; 2. 100 kg ha⁻¹ of N applied at sowing; 3. 75 kg ha⁻¹ of N applied at sowing and 25 kg ha⁻¹ at topdressing; 4. 50 kg ha⁻¹ of N at sowing and 50 kg ha⁻¹ at topdressing; 5. 25 kg ha⁻¹ of N at sowing and 75 kg ha⁻¹ at topdressing; and 6. 100 kg ha⁻¹ of N applied at topdressing. We conclude that plant height, yield components and the industrial quality of rice grains are little affected by nitrogen management. The application of 100 kg ha⁻¹ of N, independent of the time, provides greater plant lodging. Nitrogen application time does not affect the grain yield of upland rice.

1 Introdução

A área cultivada em sistema de plantio direto (SPD) vem crescendo mundialmente, devido aos benefícios proporcionados nos sistemas agrícolas, como maior conservação de umidade, incremento nos teores de matéria orgânica e nutrientes do solo e redução da erosão (Nascente et al., 2013a,b). Um fator importante a ser considerado no SPD é a decomposição de resíduos das coberturas que pode proporcionar incrementos significativos à fertilidade do solo (Pacheco et al., 2011; Carvalho et al., 2011). Nesse sentido, merece destaque o nitrogênio (N) que é um dos nutrientes com dinâmica mais pronunciada no sistema (D'Andrea et al., 2004; Fonseca et al., 2012). O N pode ser obtido pela sua fixação biológica do ar atmosférico, realizado pela maioria das leguminosas; da matéria orgânica do solo e dos fertilizantes nitrogenados de origem mineral ou orgânica (Cantarella & Furlani, 1996).

Tem sido habitual a recomendação do parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura com o intuito de aumentar sua eficiência (Deng et al., 2015) ou para prevenir as possíveis perdas por volatilização e, sobretudo, por lixiviação. Entretanto, a maioria dos trabalhos foi realizada em condições de preparo do solo convencional, faltando informações sobre como deveria ser o manejo do nitrogênio em condições de SPD (Kluthcouski et al., 2006).

Com o avanço da adoção do SPD, tem ocorrido incremento gradual na matéria orgânica do solo (MOS), principalmente devido ao maior acúmulo e decomposição de plantas de cobertura na superfície do solo (Fageria et al., 2011; Moro et al., 2014). A disponibilidade de N no solo é controlada pelos processos microbianos de mineralização e imobilização, os quais dependem basicamente da relação C/N e da composição bioquímica dos resíduos culturais em decomposição, na qual os microrganismos do solo podem proporcionar imobilização temporária do N e a planta que estiver neste ambiente, sem aplicação complementar de N pode apresentar deficiência desse nutriente (D'Andrea et al., 2004; Borghi et al., 2014).

Em trabalho realizado avaliando o nitrogênio disponível na palhada com e sem a aplicação de N na semeadura, Sampaio & Salcedo (1993) constataram que o teor de N no solo, aos 30 dias, no tratamento com ureia, foi 11 vezes maior que o tratamento sem aplicação de N. Vale ressaltar que este nutriente parcial ou totalmente sequestrado/absorvido pelos microrganismos do solo (imobilização), após algumas semanas, com a morte dos microrganismos, o N será novamente liberado para a solução do solo (mineralização) ou incorporado às células de outros microrganismos (Sá, 1999; Ferreira et al., 2011; Knupp & Ferreira, 2011).

Estudos desenvolvidos por Basso & Ceretta (2000) indicam que a produtividade do milho na Região Sul do Brasil, em muitos casos, pode estar sendo limitada pela aplicação insuficiente de N na semeadura. Segundo Fageria (2014), este fato é mais comum em áreas recentes de SPD, onde a imobilização é maior que a mineralização. Assim, em alguns trabalhos de pesquisa, tem se constatado que a aplicação de doses maiores ou total de N por ocasião da semeadura proporciona produtividades mais altas das culturas agrícolas (Yamada, 1997; Sá, 1999; Basso & Ceretta, 2000; Silva et al., 2002; Guimarães & Stone, 2003; Kluthcouski et al., 2006; Nascente et al., 2011). Na cultura

do arroz de terras altas, Guimarães & Stone (2003), em áreas sob pastagens degradadas no SPD, constataram que a maior produtividade de grãos da cultura foi obtida com a aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ na operação de semeadura. Nascente et al. (2011) relataram maior produtividade de grãos do arroz no SPD quando foi aplicado todo o N em semeadura.

No Brasil, as áreas agrícolas com grãos são cultivadas principalmente com a rotação soja e milho (CONAB, 2015). Entretanto, visando identificar novas opções para os agricultores, são necessários trabalhos para avaliar o desenvolvimento do arroz logo após a soja, juntamente com a época de aplicação de nitrogênio. Será que nesse ambiente é necessário aplicar nitrogênio, uma vez que a soja, sendo uma leguminosa, pode prover o solo desse nutriente e fornecê-lo à cultura em sucessão (Guimarães & Stone, 2004; Nascente et al., 2013c).

Contudo, em razão do velho paradigma, este elemento essencial continua, na maioria dos casos, a ser fornecido de forma parcelada, em cobertura, para as culturas. Nesse sentido, trabalhos de pesquisa são necessários para determinar quais as condições que proporcionam aumento na produtividade das culturas devido à antecipação da aplicação do N no sistema plantio direto (SPD). Assim, o objetivo do trabalho foi determinar, para o sistema plantio direto, o efeito da época de aplicação de nitrogênio na altura e no acamamento de plantas, nos componentes de produção, produtividade e qualidade industrial de grãos do arroz de terras altas.

2 Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido durante três safras agrícolas (2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013) no município de Selvíria - MS, situado aproximadamente a 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de latitude Sul, com altitude de 335 metros. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho árido com textura argilosa (EMBRAPA, 2006). A precipitação média anual é de 1.370 mm, a temperatura média anual é de 23,5 °C e a umidade relativa do ar, entre 70 e 80% (média anual). Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras para a caracterização química do solo (Tabela 1). Os experimentos foram instalados em área sob sistema plantio direto há seis (2010/2011), sete (2011/2012) e oito (2012/2013) anos, tendo como culturas anteriores soja no verão e feijão no inverno.

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constaram do manejo da adubação nitrogenada na cultura do arroz de terras altas (1. controle, sem N; 2. 100 kg ha⁻¹ de N aplicado em semeadura; 3. 75 kg ha⁻¹ de N aplicado em semeadura e 25 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura; 4. 50 kg ha⁻¹ de N aplicado em semeadura e 50 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura; 5. 25 kg ha⁻¹ de N aplicado em semeadura e 75 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura; e 6. 100 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura). As parcelas foram constituídas por 10 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,35 m. A área útil foi constituída pelas linhas centrais, desprezando-se duas linhas laterais e 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha.

Aproximadamente 15 dias antes da semeadura, a vegetação presente na área de cultivo foi dessecada com o herbicida glyphosate + 2,4 D. A semeadura da linhagem 07SEQCL441 CL, derivada da cultivar Primavera, foi realizada mecanicamente

Tabela 1. Resultados de análise química do solo na camada de 0-0,20 m da área experimental.**Table 1.** Results of soil chemical analysis at the depth 0-0.20 m of the experimental area.

P (resina)	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)		Safra 2010/2011					(%)
17	13	5,2	2,9	33	14	27	0	77	65
				Safra 2011/2012					
11	17	4,8	3,0	26	12	22	1	63	65
				Safra 2012/2013					
10	18	4,7	2,9	25	13	21	1	62	66

nos dias 21/12/2010, 15/12/2011 e 01/11/2012 nas três safras, respectivamente, utilizando-se 80 kg ha⁻¹ de sementes. Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com Vitavax + Thiram (Carboxina + Tiram) + Stimulate (5ml kg de sementes⁻¹) + Standak Top (Piraclostrobin + tiofanato metílico + fipronil) + Standak (Fipronil).

A adubação básica nos sulcos de semeadura foi calculada de acordo com as características químicas do solo e levando-se em consideração as recomendações de Cantarella & Furlani (1996) e foi constituída de 50 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo). A adubação com N foi realizada na semeadura e aos 21 dias após a emergência da cultura, de acordo com cada tratamento, utilizando-se a ureia como fonte. Logo após as aplicações de nitrogênio, a área foi irrigada com aproximadamente 10 mm de água com o objetivo de minimizar as perdas de N por volatilização.

A área foi irrigada com sistema de irrigação por aspersão autopropelido nas safras 2010/2011 e 2011/2012 e pivô central na safra 2012/2013, com precipitação média de 10 mm hora⁻¹. No manejo de água, foram utilizados três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase vegetativa, foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva, dois coeficientes de cultura, o inicial de 0,70 e o final de 1,00; e, para a fase de maturação, estes valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70 (Rodrigues et al., 2004).

O controle de plantas daninhas foi realizado com a utilização do herbicida Kifix (100 g ha⁻¹ e 50 g ha⁻¹ do produto comercial) aos 16 e 26 dias após a emergência das plantas, respectivamente. Aos 42 dias após a emergência das plantas na safra 2012/2013, foi realizada a aplicação de etil trinexapac (87,5 g ha⁻¹ do ingrediente ativo), com o objetivo de prevenir a ocorrência de acamamento de plantas na área de cultivo. Não foi necessária a adoção de medidas de controle para pragas e doenças da parte aérea das plantas nas três safras. A maturação da cultura foi definida quando ocorreu a maturação de 90% das panículas da parcela.

As variáveis avaliadas foram: a) altura de plantas (m) - durante o estágio de grãos na forma pastosa, foi determinada a altura de 10 plantas ao acaso na parcela, considerando-se a distância compreendida desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta; b) grau de acamamento - obtido por meio de observações visuais na fase de maturação, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – 5 a 25%, 3 – 25 a 50%; 4 – 50 a 75% e 5 – 75 a 100% de plantas acamadas; c) número

de panículas por metro quadrado - determinado pela contagem do número de panículas em 1,0 m de fileira de plantas na área útil das parcelas e, posteriormente, calculado por metro quadrado; d) número total de grãos por panícula - obtido pela contagem do número de grãos de 20 panículas coletadas no momento da colheita, em cada parcela; e) fertilidade das espiguetas - determinada pela divisão do número de grãos cheios de 20 panículas pelo número total de grãos; f) massa de 100 grãos - avaliada pela coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos de cada parcela (13% base úmida); g) massa hectolétrica - avaliada pela pesagem de uma amostra de 0,25 litros de grãos de cada parcela e, posteriormente, os dados foram corrigidos para 13% base úmida e convertidos para 100 L); h) produtividade de grãos - determinada pela pesagem dos grãos em casca, provenientes da área útil das parcelas, corrigindo-se a umidade para 13% e convertendo em kg ha⁻¹. Para essa determinação, foram colhidas todas as plantas, incluindo as acamadas; i) rendimento industrial - determinado coletando-se uma amostra de 100 g de grãos de arroz em casca de cada parcela, a qual foi processada em engenho de prova, por 1 minuto; em seguida, os grãos brunidos (polidos) foram pesados e o valor encontrado foi considerado como rendimento de benefício. Posteriormente, esses grãos brunidos (polidos) foram colocados no “Trieur” nº 2 e a separação dos grãos foi processada por 30 segundos; os grãos que permaneceram no “Trieur” foram pesados, obtendo-se o rendimento de inteiros e os demais, grãos quebrados.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando necessário, realizado o teste comparativo de médias Tukey para $p < 0,05$. Foi utilizado o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1999).

3 Resultados e Discussão

A adubação nitrogenada aumentou a altura de plantas, independente do manejo, safras 2010/2011 e 2012/2013 (Tabela 2). De acordo com Marzari et al. (2005), Hernandez et al. (2010) e Nascente et al. (2011), a adubação nitrogenada aumenta o crescimento das plantas. Na safra 2011/2012, não houve efeito da aplicação do N, provavelmente devido à aplicação do regulador de crescimento que reduziu significativamente a altura de plantas, nesta safra.

Com relação ao acamamento, verificou-se que não houve diferenças entre os tratamentos que receberam nitrogênio, entretanto, esses tratamentos foram superiores ao controle (sem aplicação de N), nas safras 2010/2011 e 2012/2013 (Tabela 2).

Tabela 2. Altura (cm) e notas de acamamento de plantas de arroz de terras altas cultivadas no sistema plantio direto em função da época de aplicação do nitrogênio e do ano de cultivo e interação entre época de aplicação do nitrogênio e ano de cultivo. Safras 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013 (Selvíria, MS).

Table 2. Height (cm) and plant lodging notes of upland rice cultivated at no tillage system as a function of nitrogen application time and year of growing and interaction between the nitrogen application time and year of cultivation. Growing seasons 2010/11, 2011/12 and 2012/13 (Selvíria, MS).

Altura de plantas (cm)	Safra agrícola		
	2010/2011	2011/2012	2012/2013
Controle (sem N)	112,75 b	83,75 a	109,25 b
100 kg ha ⁻¹ na semeadura (S)	121,50 a	80,25 a	116,50 a
75 kg ha ⁻¹ S + 25 kg ha ⁻¹ (C)	122,50 a	82,00 a	118,75 a
50 kg ha ⁻¹ S + 50 kg ha ⁻¹ (C)	125,25 a	83,75 a	119,00 a
25 kg ha ⁻¹ S + 75 kg ha ⁻¹ (C)	128,75 a	78,50 a	120,50 a
100 kg ha ⁻¹ em cobertura (C)	125,00 a	77,25 a	121,00 a
DMS	12,83	-	6,64
CV (%)	4,56	11,78	2,46
Acamamento*			
Controle (sem N)	1,75 b	0,00 a	1,00 b
100 kg ha ⁻¹ na semeadura (S)	4,75 a	0,00 a	3,00 a
75 kg ha ⁻¹ S + 25 kg ha ⁻¹ (C)	4,75 a	0,00 a	3,50 a
50 kg ha ⁻¹ S + 50 kg ha ⁻¹ (C)	5,00 a	0,00 a	3,00 a
25 kg ha ⁻¹ S + 75 kg ha ⁻¹ (C)	5,00 a	0,00 a	3,75 a
100 kg ha ⁻¹ em cobertura (C)	5,00 a	0,00 a	3,75 a
DMS	0,99	-	2,23
CV (%)	9,86	-	32,39

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). *Notas de acamamento: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2% – 5% a 25%, 3% – 25% a 50%; 4% – 50% a 75% e 5% – 75% a 100% de plantas acamadas

Segundo Fidelis et al. (2012), o nitrogênio é o nutriente que mais afeta a altura de plantas, tornando-as mais susceptíveis ao acamamento. Os autores ressaltam que houve maiores índices de acamamento nos locais com maiores teores de N. Adicionalmente, verifica-se alto acamamento no primeiro ano, ausência de acamamento no segundo ano e valores intermediários no terceiro ano. Isso ocorreu provavelmente por que, no primeiro ano, observou-se crescimento vegetativo exuberante, refletido na altura de plantas e, como consequência, grande incidência de acamamento, o que pode proporcionar queda de produtividade, uma vez que a planta acamada tem dificuldades para translocar os fotoassimilados para as espiguetas. Os resultados permitem inferir que o N influenciou diretamente essa característica, sendo que na ausência da aplicação desse nutriente (tratamento controle) as notas de acamamento foram as menores. No segundo ano, preocupados com a ocorrência de acamamento e observado já na fase inicial um bom desenvolvimento vegetativo, foi aplicado o regulador de crescimento Moddus (etil-trinexapac), resultando em menor altura de plantas, média de 80,9 cm, diferente das alturas médias observadas nos demais anos de cultivo (2010/2011 e 2012/2013). Assim, nesse ano, constatou-se que não houve acamamento. No terceiro ano, decidiu-se por não aplicar o regulador de crescimento em função da forte redução em altura do ano anterior, entretanto, novamente as plantas cresceram mais e tiveram altas notas de acamamento, com valores maiores do que os do ano anterior, mas inferiores aos da primeira safra (2010/2011).

Com relação aos componentes de produção, constata-se que não houve efeito do manejo de nitrogênio nas variáveis: número

de panículas m⁻², número total de grãos, fertilidade das espiguetas e massa de 100 grãos (Tabela 3), resultados semelhantes aos obtidos por Marzari et al. (2005), Hernandez et al. (2010) e Fidelis et al. (2012). Esses resultados podem ter sido reflexo da área estar há muito tempo no sistema plantio direto (6, 7 e 8 anos). De acordo com Sá (1999), em sistema plantio direto com mais de seis anos, ocorre maior liberação de nitrogênio para as plantas, devido ao intenso processo de mineralização da matéria orgânica que ocorre nesse ambiente. Assim, em nosso experimento é provável que esteja ocorrendo liberação de nitrogênio pela matéria orgânica que supriu as necessidades da cultura, não havendo diferenças do tratamento controle em relação aos tratamentos que receberam 100 kg ha⁻¹ de N, independente da forma de manejo.

Com relação à produtividade de grãos, verificou-se que a aplicação de todo o N na semeadura ou 75 kg de N na semeadura e 25 kg em cobertura proporcionaram os melhores resultados, não diferindo do melhor tratamento na primeira safra agrícola, 2010/2011 (Tabela 3). Na segunda safra (2011/2012), os tratamentos com a aplicação de todo o N na semeadura, 75 kg de N na semeadura e 50 kg de N na semeadura proporcionaram os melhores resultados e não diferiram do tratamento controle. Gitti et al. (2012) observaram maior produtividade do arroz após o cultivo de guandu, e a menor após o cultivo de braquiária, o que evidencia que os cultivos antecessores influenciam na produtividade dessa cultura. Isto explica as altas produtividades controle no presente trabalho, pois o arroz foi cultivado em áreas onde foi semeado soja e feijão como culturas antecessoras. Wendling et al. (2007),

com trigo, e Nascente et al. (2013c), com arroz, corroboram esses resultados quando citam que os aportes residuais da palhada da soja mais as quantidades fornecidas pelo solo foram suficientes para suprir as necessidades das culturas que tiveram

elevados rendimentos mesmo na ausência da aplicação de N. Esses resultados são interessantes uma vez que é comum nas áreas agrícolas o cultivo da soja em rotação com milho, e o arroz pode ser uma opção com custo reduzido devido à não

Tabela 3. Número de panículas, número de grãos por panícula, fertilidade das espiguetas, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de arroz de terras altas cultivado no sistema plantio direto em função da época de aplicação do nitrogênio e do ano de cultivo.

Table 3. Number of panicles, number of grains per panicle, spikelet fertility, mass of 100 grains and grain yield of upland rice at no tillage system as a function of nitrogen application time and year of cultivation.

Número de panículas (m ⁻²)	Safras agrícolas		
	2010/2011	2011/2012	2012/2013
Controle (sem N)	218,25 a1	222,75 a	266,75 a
100 kg ha ⁻¹ na semeadura (S)	253,25 a	235,50 a	286,50 a
75 kg ha ⁻¹ S + 25 kg ha ⁻¹ C	272,50 a	249,00 a	264,00 a
50 kg ha ⁻¹ S + 50 kg ha ⁻¹ C	308,75 a	229,50 a	297,50 a
25 kg ha ⁻¹ S + 75 kg ha ⁻¹ C	284,25 a	238,50 a	292,00 a
100 kg ha ⁻¹ em cobertura (C)	304,50 a	235,50 a	245,00 a
DMS	-	-	-
CV (%)	17,76	13,09	16,84
Número total de grãos			
Controle (sem N)	143,20 a	135,75 a	156,23 a
100 kg ha ⁻¹ na semeadura (S)	125,20 a	153,25 a	140,98 a
75 kg ha ⁻¹ S + 25 kg ha ⁻¹ C	146,88 a	135,00 a	164,00 a
50 kg ha ⁻¹ S + 50 kg ha ⁻¹ C	121,93 a	130,50 a	159,93 a
25 kg ha ⁻¹ S + 75 kg ha ⁻¹ C	123,03 a	128,25 a	166,10 a
100 kg ha ⁻¹ em cobertura (C)	141,95 a	124,00 a	163,70 a
DMS	-	-	-
CV (%)	14,69	15,29	9,92
Fertilidade das espiguetas (%)			
Controle (sem N)	79,50 a	86,33 a	90,16 a
100 kg ha ⁻¹ na semeadura (S)	78,46 a	88,06 a	88,37 a
75 kg ha ⁻¹ S + 25 kg ha ⁻¹ (C)	76,94 a	86,84 a	89,03 a
50 kg ha ⁻¹ S + 50 kg ha ⁻¹ (C)	76,33 a	84,35 a	83,11 a
25 kg ha ⁻¹ S + 75 kg ha ⁻¹ (C)	72,74 a	81,93 a	86,80 a
100 kg ha ⁻¹ em cobertura (C)	69,26 a	84,21 a	83,38 a
DMS	-	-	-
CV (%)	13,67	17,02	9,45
Massa de 100 grãos (g)			
Controle (sem N)	2,77 a	2,76 a	3,03 a
100 kg ha ⁻¹ na semeadura (S)	2,71 a	2,71 a	3,16 a
75 kg ha ⁻¹ S + 25 kg ha ⁻¹ (C)	2,76 a	2,76 a	2,98 a
50 kg ha ⁻¹ S + 50 kg ha ⁻¹ (C)	2,67 a	2,67 a	2,98 a
25 kg ha ⁻¹ S + 75 kg ha ⁻¹ (C)	2,80 a	2,79 a	2,87 a
100 kg ha ⁻¹ em cobertura (C)	2,50 a	2,50 a	3,15 a
DMS	-	-	-
CV (%)	6,90	5,04	7,85
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)			
Controle (sem N)	4.295a	4.061 a	4.334 b
100 kg ha ⁻¹ na semeadura (S)	3.571ab	4.442 a	5.979 a
75 kg ha ⁻¹ S + 25 kg ha ⁻¹ (C)	3.159ab	4.323 a	5.440 ab
50 kg ha ⁻¹ S + 50 kg ha ⁻¹ (C)	2.708 b	3.803 ab	4.714 ab
25 kg ha ⁻¹ S + 75 kg ha ⁻¹ (C)	2.563 b	3.208 b	5.333 ab
100 kg ha ⁻¹ em cobertura (C)	2.601 b	3.130 b	4.766 ab
DMS	255	1.353	1.319
CV (%)	16,22	15,39	11,27

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey para $p < 0,05$.

necessidade de adubação nitrogenada. Entretanto, estudos devem ser desenvolvidos para identificar em quais condições não é necessária essa adubação nitrogenada, uma vez que, na terceira safra (2012/2013), o tratamento que proporcionou a maior produtividade de grãos foi com a aplicação de todo o N na semeadura, que diferiu do controle. Com base nos resultados, pode-se inferir que a época de aplicação de N não afetou significativamente a produtividade do arroz cultivado após soja, apresentando valores semelhantes na maioria das avaliações.

A massa hectolétrica, rendimento de benefício, rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados não foram afetados pelo manejo da adubação nitrogenada nas três safras agrícolas

(Tabela 4). Arf et al. (2005) também não observaram efeito da época de aplicação do N nessas variáveis. Esses resultados permitem inferir que essas variáveis são características mais influenciadas pela carga genética da planta, com pouca influência da adubação nitrogenada.

Com base nos resultados, pode-se observar que o manejo da adubação nitrogenada pouco afetou a produtividade de grãos da cultura, tendo também pouco efeito nas demais variáveis avaliadas com exceção do acamamento. O manejo de N na cultura do arroz deve vir seguido da escolha de cultivares mais resistentes ao acamamento ou da aplicação de reguladores de crescimento vegetais visando à redução da altura de plantas e, conseqüentemente, do acamamento. O N é um dos nutrientes

Tabela 4. Massa hectolétrica, rendimento de benefício, rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados de plantas de arroz de terras altas cultivadas no sistema plantio direto em função da época de aplicação do nitrogênio e do ano de cultivo.

Table 4. Hectoliter mass, yield benefit, yield of whole grains and broken grains of rice plants grown in the no tillage system as a function of nitrogen application time and year of cultivation.

Massa hectolétrica (kg)	Safras agrícolas		
	2010/2011	2011/2012	2012/2013
Controle (sem N)	52,27 a ¹	50,07 a	53,45 a
100 kg ha ⁻¹ na semeadura (S)	51,17 a	49,55 a	50,35 a
75 kg ha ⁻¹ S + 25 kg ha ⁻¹ (C)	48,91 a	45,76 a	49,30 a
50 kg ha ⁻¹ S + 50 kg ha ⁻¹ (C)	49,69 a	46,83 a	48,73 a
25 kg ha ⁻¹ S + 75 kg ha ⁻¹ (C)	50,42 a	45,68 a	50,88 a
100 kg ha ⁻¹ em cobertura (C)	48,99 a	45,24 a	48,03 a
DMS	-	-	-
CV (%)	4,83	5,99	4,85
Rendimento de benefício (%)			
Controle (sem N)	69,34 a	70,83 a	69,91 a
100 kg ha ⁻¹ na semeadura (S)	69,95 a	69,18 a	71,75 a
75 kg ha ⁻¹ S + 25 kg ha ⁻¹ (C)	67,00 a	68,58 a	70,52 a
50 kg ha ⁻¹ S + 50 kg ha ⁻¹ (C)	66,24 a	70,93 a	68,97 a
25 kg ha ⁻¹ S + 75 kg ha ⁻¹ (C)	67,08 a	68,38 a	70,48 a
100 kg ha ⁻¹ em cobertura (C)	62,31 a	65,58 a	70,59 a
DMS	-	-	-
CV (%)	6,47	3,46	2,58
Rendimento de grãos inteiros (%)			
Controle (sem N)	61,52 a	66,93 a	63,97 a
100 kg ha ⁻¹ na semeadura (S)	60,68 a	63,68 a	66,36 a
75 kg ha ⁻¹ S + 25 kg ha ⁻¹ (C)	56,61 a	63,53 a	63,43 a
50 kg ha ⁻¹ S + 50 kg ha ⁻¹ (C)	56,13 a	66,38 a	62,18 a
25 kg ha ⁻¹ S + 75 kg ha ⁻¹ (C)	58,30 a	62,83 a	64,11 a
100 kg ha ⁻¹ em cobertura (C)	56,90 a	60,73 a	63,90 a
DMS	-	-	-
CV (%)	9,62	4,30	3,77
Grãos quebrados (%)			
Controle (sem N)	7,76 a	3,85 a	6,02 ab
100 kg ha ⁻¹ na semeadura (S)	9,12 a	5,50 a	5,48 b
75 kg ha ⁻¹ S + 25 kg ha ⁻¹ (C)	9,78 a	4,95 a	7,12 a
50 kg ha ⁻¹ S + 50 kg ha ⁻¹ (C)	10,09 a	4,45 a	6,77 ab
25 kg ha ⁻¹ S + 75 kg ha ⁻¹ (C)	8,68 a	5,28 a	6,06 ab
100 kg ha ⁻¹ em cobertura (C)	7,54 a	4,58 a	6,46 ab
DMS	-	-	1,84
CV (%)	24,08	16,00	12,68

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

mais dinâmicos nos sistemas agrícolas, sendo influenciado principalmente pelo tipo de solo, cultura anterior e regime pluviométrico do local. No presente trabalho, se constatou que, nas duas primeiras safras, a produtividade do tratamento sem N foi semelhante aos tratamentos que proporcionaram as maiores produtividades. Assim, necessário se faz desenvolver mais estudos para que se tenha mais segurança nas recomendações de aplicação antecipada do N nos sistemas de produção para se obter as maiores produtividades.

4 Conclusões

A altura de plantas, componentes de produção e qualidade industrial de grãos de arroz são pouco afetadas pelo manejo da adubação nitrogenada. A aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N, independente da época, proporcionou maior acamamento de plantas. A época de aplicação de N não afeta a produtividade de grãos na cultura do arroz de terras altas em sistema plantio direto.

Referências

ARF, O.; BASTOS, J. C. H. A. G.; SILVA, M.G.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZZETTI, S. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio na produção de arroz de terras altas. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 27, n. 2, p. 215-223, 2005.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 4, p. 905-915, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832000000400022>.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; NASCENTE, A. S.; COSTA, C.; MATEUS, G. P. Nitrogen fertilization (15NH₄NO₃) of palisadegrass and residual effect on subsequent no-tillage corn. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 5, p. 1457-1468, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000500011>.

CANTARELLA, H.; FURLANI, P. R. Arroz de sequeiro. In: van RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Coords.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285 p.

CARVALHO, A. M.; SOUZA, L. L. P.; GUIMARAES JUNIOR, R.; ALVES, P. C. A. C.; VIVALDI, L. J. Cover plants with potential use for croplivestock integrated systems in the Cerrado region. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1200-1205, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000012>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_graos_janeiro_2015.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2015.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; GUILHERME, L. R. G. Carbon and nitrogen storage, and inorganic nitrogen forms in a soil under different management systems. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

DENG, F.; WANG, L.; REN, W. J.; MEI, X. F.; LI, S. X. Optimized nitrogen managements and polyaspartic acid urea improved dry matter

production and yield of indica hybrid Rice. *Soil & Tillage Research*, v. 145, p. 1-9, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2014.08.004>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. *Growth and mineral nutrition of field crops*. Boca Raton: CRC Press, 2011. 560 p.

FAGERIA, N. K. *Nitrogen management in crop production*. Boca Raton: CRC Press, 2014. 408 p.

FERREIRA, E. P. B.; WENDLAND, A.; DIDONET, A. D. Microbial biomass and enzyme activity of a Cerrado Oxisol under agroecological production system. *Bragantia*, v. 70, n. 4, p. 899-907, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000400024>.

FIDELIS, R. R.; RODRIGUES, A. M.; SILVA, G. F.; BARROS, H. B.; PINTO, L. C.; AGUIAR, R. W. S. Eficiência do uso de nitrogênio em genótipos de arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 42, n. 1, p. 124-128, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000100018>.

FONSECA, A. E.; ARF, O.; ORIOLI JÚNIOR, V.; BUZZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F. Preparo do solo e doses de nitrogênio em cobertura em arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 42, n. 3, p. 246-253, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000300001>.

GITTI, D. C.; ARF, O.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C.; RODRIGUES, R. A. F.; KANEKO, F. H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. *Bragantia*, v. 71, n. 4, p. 509-517, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052013005000002>.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Adubação nitrogenada do arroz de terras altas no Sistema Plantio Direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 2, p. 210-214, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662003000200004>.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Arroz de terras altas em rotação com soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 34, n. 3, p. 127-132, 2004.

HERNANDES, A.; BUZZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. *Ciência & Agrotecnologia*, v. 34, n. 2, p. 307-312, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000200006>.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. A.; COBUCCI, T. Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais. *Informações Agrônomicas*, n. 113, p. 1-24, 2006.

KNUPP, A. M.; FERREIRA, E. P. B. Eficiência da quantificação do carbono da biomassa microbiana por espectrofotometria comparada ao método titrimétrico. *Revista Ciência Agrônoma*, v. 6, p. 588-595, 2011.

MARZARI, V.; MARCHEZAN, E.; SILVA, L. S.; RANNO, S. K.; SANTOS, F. M.; CAMARGO, E. R. Épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado no sistema convencional de semeadura de arroz irrigado. *Ciência Rural*, v. 35, n. 5, p. 1190-1193, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000500032>.

MORO, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; CANTARELLA, H. Nitrification inhibition in tropical soil under no tillage system.

- Revista de Ciências Agrárias (Belém.)*, v. 57, n. 2, p. 199-206, 2014. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2014.015>.
- NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C.; COBUCCI, T. The no-tillage system and cover crops – alternatives to increase upland rice yields. *European Journal of Agronomy*, v. 45, p. 124-131, 2013a. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2012.09.004>.
- NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Upland rice yield as affected by previous summer crop rotation (soybean or upland rice) and glyphosate management on cover crops. *Planta Daninha*, v. 31, n. 1, p. 147-155, 2013c. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582013000100016>.
- NASCENTE, A. S.; LI, Y. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and no-till effects on physical fractions of soil organic matter. *Soil & Tillage Research*, v. 130, p. 52-57, 2013b. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.02.008>.
- NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J.; RABELO, R. R.; OLIVEIRA, P.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade do arroz de terras altas em função do manejo do solo e da época de aplicação de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, n. 1, p. 60-65, 2011.
- PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 5, p. 1787-1800, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000500033>.
- RODRIGUES, R. A. F.; SORATTO, R. P.; ARF, O. Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto, usando o tanque classe A. *Engenharia Agrícola*, v. 24, n. 3, p. 546-556, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162004000300007>.
- SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Orgs.). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. p. 291-309.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Mineralização e absorção por milho de nitrogênio do solo, de palha de milho (15-N) e de ureia (15-N). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 17, p. 423-429, 1993.
- SAS INSTITUTE. *Procedure guide for personal computers. Version 5*. Cary, 1999.
- SILVA, G. M.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Manejo da adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 32, n. 1, p. 1-5, 2002.
- WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, M.; LOVATO, T. Recomendação de adubação nitrogenada para trigo em sucessão ao milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 5, p. 985-994, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000500015>.
- YAMADA, T. Nitrogênio e o potássio na adubação da cultura do milho. *Informações Agronômicas*, n. 78, p. 1-14, 1997.

Contribuição dos autores: Este trabalho faz parte de atividades do projeto “produção de arroz de terras altas em plantio direto” liderado pelo pesquisador Mabio Chrisley Lacerda, o qual participou na revisão e adequação do artigo. Os professores Orivaldo Arf e Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues ficaram responsáveis pela condução dos experimentos, análise estatística e também, por parte da redação; o pesquisador Adriano Stephan Nascente auxiliou nas análises estatísticas, além de discutir os resultados e finalizar a redação do manuscrito.

Agradecimentos: À Embrapa pelo apoio financeiro.

Fonte de financiamento: Embrapa

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.