

Marcha de absorção de nitrogênio de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas

Rita de Cássia Félix ALVAREZ¹; Carlos Alexandre Costa CRUSCIOL²;
João Domingos RODRIGUES¹; Angela Cristina Camarim ALVAREZ¹

¹Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, C.P. 510, CEP: 18618-000, Botucatu, São Paulo, Brasil.

Autor para correspondência: e-mail: rcalvarez@pop.com.br

²Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Câmpus de Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, C.P. 237, 18603-970, Botucatu, São Paulo, Brasil.

Resumo

O uso da irrigação por aspersão na cultura do arroz é prática relativamente recente no Brasil, e o manejo da adubação, principalmente nitrogenada, ainda não está bem definido. Estudos da marcha de absorção de nutrientes existentes para a cultura do arroz foram realizados há mais de vinte anos, utilizando cultivares tradicionais de sequeiro. Assim, com o surgimento de cultivares melhoradas para o sistema de terras altas, é possível que estas absorvam diferencialmente o nitrogênio e possam ter sua máxima absorção em estádios distintos de desenvolvimento. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o acúmulo de matéria seca, marcha de absorção de nitrogênio e índice de colheita de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com sete repetições. Os tratamentos foram as cultivares Caiapó (grupo tradicional), Primavera (grupo intermediário) e Maravilha (grupo moderno). Concluiu-se que: entre os estádios de iniciação da panícula, florescimento e enchimento de grãos a cultivar Primavera apresentou maiores valores de acúmulo de matéria seca comparado às cultivares Caiapó e Maravilha. Independentemente da cultivar, cerca de 82% do N-total foi absorvido no período entre os estádios de perfilhamento e o de florescimento. A cultivar Primavera apresentou maior índice de colheita (0,5) e maior número de espiguetas por panícula, do que as cultivares Caiapó e Maravilha, o que resultou em maior incremento do potencial produtivo de grãos para essa cultivar.

Palavras-chave adicionais: *Oryza sativa* L.; matéria seca; produtividade de grãos; índice de colheita.

Abstract

ALVAREZ, R. DE C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. Nitrogen absorption rate in highland rice cultivars with different types of plants. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.2, p.162-169, 2006.

The use of the irrigation by sprinkling in the rice crop is a relatively recent practice in Brazil and the fertilization management, principally nitrogen, is not well defined yet. Studies of the nutrients absorption rate existents for the rice crop were realized at least twenty years ago, utilizing traditional cultivars of upland systems. Thus, with the appearance of improved cultivars for the highland system it is possible that they would assimilate differently the nitrogen and could have your maximum absorption in distinct developmental stadia. The present work aimed to evaluate the accumulation of dry matter, the nitrogen absorption rate and yield index in highland rice cultivars with different plant types. The experimental design used was randomized blocks, with seven repetitions. Treatments were the cultivars Caiapó (traditional), Primavera (intermediate) and Maravilha (modern). It was concluded that: among the stadia of panicle initiation, flowering and grains filling the cultivar Primavera presented the highest values of dry mass accumulation compared with the cultivars Caiapó and Maravilha. Independent of the cultivar it was observed that about 82% of the total nitrogen was absorbed in the period between the profiling and flowering developmental stadia. The cultivar Primavera presented the highest yield index (0.5) and the greatest number of spikelets per panicle, when compared with the cultivars Caiapó and Maravilha, which presented the greatest increase in the potential of grain production for this cultivar.

Additional keywords: *Oryza sativa* L.; dry matter; grain productivity; harvest index.

Introdução

O arroz é produzido praticamente em todo o País, sob diferentes condições ou sistemas de produção. Assim, no ecossistema de terras altas, o arroz é cultivado sem e com irrigação por aspersão, enquanto no ecossistema de várzea, o cultivo ocorre com ou sem irrigação por inundação controlada.

O cultivo de arroz no ecossistema de terras altas corresponde a 65,2% da área total cultivada com arroz no Brasil e contribui com apenas 40,9% da produção nacional (YOKOYAMA, 2002). Esse resultado é explicado pela baixa produtividade do sistema de cultivo sem irrigação por aspersão, que ocupa a maior área de cultivo. A baixa produtividade nesse sistema é consequência da má distribuição pluvial nas principais regiões produtoras e do baixo uso de adubos e corretivos.

O sistema irrigado por aspersão é alternativa para solucionar o problema de veranicos e confere estabilidade à produção, podendo também aumentar a produtividade e melhorar a qualidade de grãos (SANT'ANA, 1989; ARF et al., 2000). Dessa forma, o cultivo de arroz irrigado por aspersão tem estimulado o uso de práticas de maior nível tecnológico, com consequente aumento na produtividade (ARF, 2001). Com a diminuição do risco de deficiência hídrica, mediante irrigação por aspersão, torna-se viável utilizar nível mais elevado de adubação em relação ao usado no sistema de sequeiro. Uma adubação adequada pode aumentar em 40%, em média, a produtividade de grãos de arroz de sequeiro em solo de cerrado, se outros fatores não forem limitantes (SANTOS et al., 1982).

Entre os vários nutrientes, o nitrogênio tem maior influência sobre o crescimento e a produção do arroz (MAE, 1986). Esse nutriente aumenta o número de perfilhos e, com isso, o número de panículas, além de promover maior número de espiguetas granadas e maior teor de proteínas nos grãos (BARBOSA FILHO, 1987). Sabendo-se da importância do nitrogênio, vale ressaltar que altas doses induzem à formação de grande número de perfilhos e folhas novas, provocando sombreamento, acamamento e criando condições favoráveis à ocorrência de doenças, refletindo em menor produção (MALAVOLTA & FORNASIERI FILHO, 1983; BARBOSA FILHO, 1987; BARBOSA FILHO, 1989). Raramente tem-se observado resposta de cultivares pertencentes aos grupos tradicional e intermediário ao nitrogênio, tanto em condições de sequeiro quanto de irrigado por aspersão (STONE et al., 1984; SANTOS et al., 1986; ARF, 1993; PRABHU et al., 1996). Dessa forma, a resposta da cultura do arroz ao nitrogênio varia com a cultivar, com as condições climáticas, com o manejo de água e com as propriedades do solo

(FAGERIA & WILCOX, 1977).

Estudos da marcha de absorção de nutrientes existentes para a cultura do arroz foram realizados há mais de vinte anos por MALAVOLTA (1978), utilizando cultivares tradicionais de sequeiro. Assim, é possível que essas cultivares absorvam diferencialmente o nitrogênio e possam ter sua máxima absorção em estádios distintos de desenvolvimento. A determinação da absorção e do acúmulo de nitrogênio nas diferentes fases de desenvolvimento da planta é importante, porque permite inferir as épocas em que o nutriente é mais exigido e sua distribuição nas diferentes estruturas da planta.

Outra maneira comum utilizada para avaliar a eficiência de cultivares para produção de grãos é o índice de colheita (produção de grãos/massa seca total) ou relação grão-palha (produção de grãos/massa seca de palha). O índice de colheita é, aproximadamente, de 0,3 para as cultivares de terras altas tradicionais e 0,5 para as melhoradas de porte baixo, enquanto a razão grão-palha varia em torno de 0,5 para as cultivares tradicionais e 1,0 para as melhoradas (YOSHIDA, 1981).

O trabalho teve como objetivo avaliar o acúmulo de matéria seca, marcha de absorção de nitrogênio e índice de colheita de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido no ano agrícola de 2001-2002, em solo classificado como NITOSSOLO VERMELHO distroférico (EMBRAPA, 1999), de área localizada no município de Botucatu-SP, situado a 48° 26' de longitude oeste e 25° 51' de latitude sul, com altitude de 815 m. De acordo com CUNHA et al. (1999), o clima de Botucatu, baseado no sistema de classificação de Köppen, foi incluído no tipo Cwa, o que significa clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, e a temperatura média do mês mais quente, superior a 22 °C.

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo da área experimental na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade e realizada a análise química para fins de fertilidade, segundo metodologia proposta por RAIJ & QUAGGIO (1983) e apresentaram os seguintes resultados: pH (CaCl₂) 4,5; 22 g kg⁻¹ de M.O.; 4,0 mg dm⁻³ de P (resina); 4,4; 12; 8 e 64 mmol_c dm⁻³ de K, Ca, Mg e H + Al, respectivamente, e 27% de saturação por bases.

O preparo do solo da área experimental foi realizado por meio de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira gradagem realizada logo após a aração, e a segunda, às vésperas da semeadura. De acordo

com os resultados da análise química do solo, foram aplicadas 4,2 toneladas ha^{-1} de calcário dolomítico de PRNT 90%, sendo metade da dose aplicada antes da aração e o restante após essa operação, objetivando elevar a saturação por bases a 50%. A adubação foi realizada de acordo com os resultados de análise química do solo, e as recomendações para a cultura do arroz no sistema de sequeiro, preconizadas por RAIJ et al. (1996). No entanto, como foi utilizado o cultivo sob irrigação por aspersão, foi aumentada a adubação fosfatada em 50% e a potássica em 30%, segundo recomendação de STONE & PEREIRA (1994). Realizou-se a adubação química básica nos sulcos de semeadura com 20 kg ha^{-1} de N, na forma de uréia, 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples e 20 kg ha^{-1} de K_2O , na forma de cloreto de potássio. Na adubação de cobertura, foram utilizados 80 kg de N ha^{-1} , na forma de uréia, parcelada em três vezes. A primeira foi realizada aos 13 dias após a emergência das plântulas (DAE), com 20 kg ha^{-1} de N, a segunda e a terceira aos 32 DAE e 57 DAE, respectivamente, com 30 kg ha^{-1} de N cada.

A semeadura foi realizada no dia 17-01-2002, no espaçamento de 0,30 m entre linhas, utilizando-se de 240 sementes viáveis por metro quadrado, de acordo com as recomendações de BRESEGHELLO (1998). A emergência das plântulas ocorreu em 24-01-2002.

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados, com sete repetições. Os tratamentos foram as cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha. Cada unidade experimental continha oito fileiras de plantas com 6,0 m de comprimento. Foram consideradas área útil as seis fileiras centrais, sendo de 0,50 m a extremidade de cada fileira de plantas.

A irrigação do experimento foi realizada por um sistema de aspersão convencional, composto por duas linhas laterais e aspersores com vazão de 1,07 m^3/h . O momento da irrigação foi definido por um conjunto de três tensiômetros distribuídos na área, e instalados na profundidade de $\pm 12,5$ cm (ponto médio da cápsula), sendo efetuada a irrigação toda vez que a tensão de água no solo atingia 35,5 kPa (CRUSCIOL, 1995), elevando-se o teor de água ao da capacidade de campo.

Durante a condução do experimento, coletaram-se, diariamente, dados de temperatura máxima, mínima e média do ar em posto meteorológico distante a, aproximadamente, 500 m do local do experimento, que estão representados graficamente na Figura 1.

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de duas capinas manuais, no início e no final do estágio de perfilhamento. Verificou-se a ocorrência de percevejos (*Oebalus poecilus* e *Tibraca limbativentris*) que foram controlados mediante duas aplicações do inseticida paration metílico (210 g do i.a. ha^{-1}), aos 43 e 105 DAE.

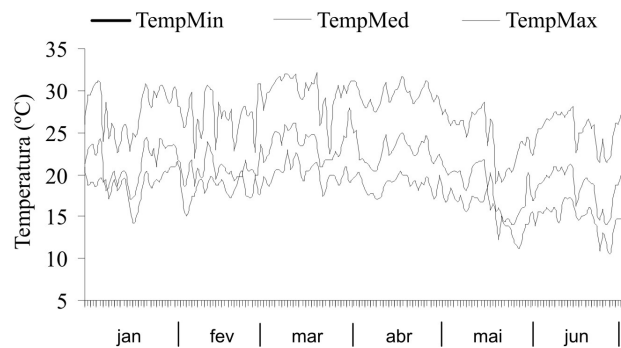


Figura 1 - Temperaturas máximas (TempMax), mínimas (TempMin) e médias (TempMed) diárias do ar ($^{\circ}\text{C}$), obtidas no período de janeiro a abril de 2001, próximo da área experimental. Botucatu-SP.

Figure 1 – Maximum (TempMax), minimum (TempMin) and mean daily air temperature ($^{\circ}\text{C}$) obtained from January to April of 2001, near of the experimental area. Botucatu-SP.

A colheita do arroz foi efetuada manual e individualmente por unidade experimental, quando os grãos dos 2/3 superiores de 50% das panículas se apresentaram-se duros, e os do terço inferior, semiduros. A seguir, foi realizada a trilha manual e secagem à sombra e limpeza do material, separando-se a palha e as espiguetas chochas com o auxílio de uma peneira, por meio de abanação manual. Em seguida, determinou-se a massa dos grãos colhidos e foi calculada a produtividade de grãos (kg ha^{-1}) para umidade de 13% em base úmida.

As avaliações realizadas foram: altura da planta, distância média (cm) compreendida desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta, determinada em 10 plantas ao acaso, na área de cada parcela, durante o estágio de grão pastoso; número de panículas por metro quadrado: número de panículas contidas em 1,0 m de fileiras de plantas na área útil das parcelas, posteriormente convertido a número de panículas por metro quadrado; número total de espiguetas por panícula: contagem do número de espiguetas de 20 panículas por unidade experimental, coletadas ao acaso no momento da avaliação do número de panículas por metro quadrado; fertilidade das espiguetas: determinada para cada unidade experimental a partir da relação do número de espiguetas granadas por panícula pelo número total de espiguetas por panícula, multiplicado por cem; massa de 1.000 grãos: pesagem de duas amostras coletadas ao acaso de 100 grãos de cada parcela (13% em base úmida); produção de grãos: pesagem dos grãos em casca, provenientes da área útil das parcelas, corrigindo-se a umidade para 13% e convertendo em kg ha^{-1} .

Para a obtenção dos dados de acúmulo de massa seca, teor e acúmulo de nitrogênio na parte

aérea das plantas foram realizadas amostragens aos 39; 46; 55; 67; 75; 83; 92; 102; 111; 118 e 125 dias após emergência (DAE) para as cultivares Caiapó e Maravilha, e aos 39; 46; 55; 67; 75; 83; 92; 102 e 111 DAE para a cultivar Primavera, que consistiram na coleta das plantas contidas em 0,40 m de linha por parcela, deixando uma bordadura interna entre as amostragens de 0,25 m na linha e uma linha na entrelinha. Em seguida, a parte aérea das plantas foi lavada em água destilada e, a seguir, submetida à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, até atingir massa em equilíbrio. Em todas as amostragens, foram determinadas a massa da matéria seca da parte aérea (folhas, colmo + bainha (c +b) e panícula). A seguir, as amostras foram moídas e submetidas às determinações da concentração de nitrogênio, utilizando o método Kjeldahl (MALAVOLTA et al., 1997).

Com os resultados de massa seca e de teor de nitrogênio na parte aérea das plantas durante o ciclo das cultivares, realizou-se o ajuste de um modelo sigmoidal aos dados de acúmulo de matéria seca e de nitrogênio (MALAVOLTA, 1978; MALAVOLTA, 1980; MALAVOLTA & FORNASIERI FILHO, 1983), segundo a equação:

$$Y = a / (1 + \exp(-(x - x_0)/b)) \quad (1)$$

em que: Y é a massa seca ou a quantidade de nitrogênio na parte aérea da planta de arroz, em kg ha^{-1} ; x , dias após emergência. Os parâmetros a , x_0 e b foram estimados pelo programa SigmaPlot. As equações foram obtidas para descrever a variação no tempo, da massa seca e da quantidade acumulada de nitrogênio na parte aérea das plantas de arroz até a época de colheita.

O índice de colheita (IC) foi obtido pela relação entre a produção de grãos e a massa de matéria seca total, e os valores obtidos foram comparados aos padrões definidos por YOSHIDA (1981).

Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância, e as médias das cultivares foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Acúmulo de massa seca e nitrogênio na parte aérea das plantas

Considerando o acúmulo de massa seca na parte aérea (Figura 2), constatou-se que, independentemente da cultivar, o modelo de curva sigmóide ajustou-se bem aos dados de produção de massa seca ($r^2=0,99$), concordando com os relatos de MALAVOLTA (1978) e MALAVOLTA & FORNASIERI FILHO (1983), que trabalharam com cultivares de sequeiro do grupo tradicional.

A produção de massa seca é muito lenta

nos primeiros 30-40 dias de vida da planta de arroz, correspondendo, em muitos casos, a menos de 3% do total produzido. Com o início do perfilhamento e o crescimento de outras partes da planta, o acúmulo de matéria seca é muito rápido, mostrando ligeira redução nesse acúmulo por ocasião do final do estágio de perfilhamento máximo e durante o estágio de maturação do grão (FERNÁNDEZ et al., 1985).

A quantidade de massa seca varia em função da variedade cultivada, de fatores ambientais e da disponibilidade de nutrientes, mas o padrão de acúmulo é semelhante em quase todos os materiais de arroz. A quinta parte da massa seca total é acumulada nos estádios V_1 (quatro folhas), V_2 (início do perfilhamento) e V_3 (perfilhamento pleno); a metade é atingida até a etapa de florescimento (quatro folhas – início do emborrachamento) e a outra metade durante a formação do grão (grão leitoso – ponto de maturidade fisiológica) (YOSHIDA, 1981; FERNÁNDEZ et al., 1985; MURAYAMA, 1995).

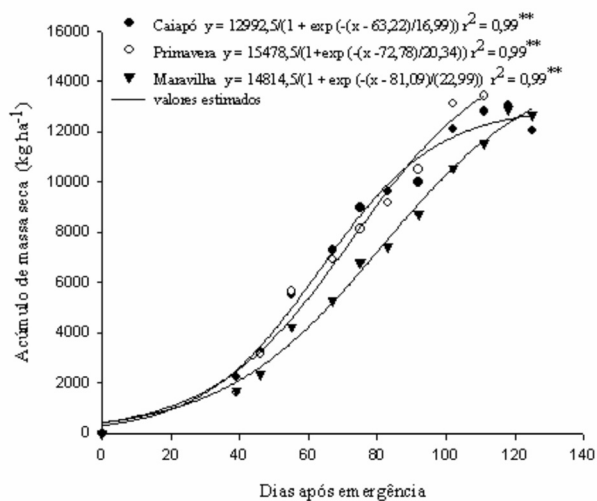


Figura 2 - Acúmulo de massa seca durante o ciclo, pela parte aérea das cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha, de arroz de terras altas irrigado por aspersão.

Figure 2 – Shoot dry matter accumulation during the plant cycle of the Caiapó, Primavera and Maravilha cultivars of rice irrigated by sprinkling.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

A observação dos estádios fenológicos para as cultivares Caiapó e Maravilha foi: perfilhamento pleno aos 48 DAE; iniciação da panícula (IP) aos 67 DAE; florescimento (FL) aos 93 DAE, e maturidade fisiológica (MF) aos 125 DAE. Para a cultivar Primavera, o perfilhamento pleno foi observado aos 37 DAE; IP aos 46 DAE; FL aos 74 DAE, e MF aos 112 DAE. No entanto,

entre a IP e FL, a cultivar Primavera já havia iniciado o acúmulo de massa seca, tendo 3.000 e 4.000 kg ha⁻¹ a mais que a Maravilha e a Caiapó, respectivamente, e completou essa fase com a maior média de acúmulo de massa seca comparada às demais cultivares.

Durante o período de enchimento de grãos, a matéria seca continuou sendo acumulada na cultivar Primavera em maiores quantidades, comparada às outras duas cultivares. Nas cultivares Caiapó e Maravilha, a taxa de acúmulo de matéria seca foi mais estável com menores e moderados acúmulos previstos durante o ciclo, com queda no final. Para a cultivar Primavera, o acúmulo de matéria seca foi maior e contínuo em relação à cultivar Caiapó e Maravilha, diminuindo com o estágio de maturidade fisiológica.

Os valores de índice de colheita (IC) obtidos (Tabela 1) são similares aos encontrados por YOSHIDA (1981), YING et al. (1998) e KINIRY et al. (2001). YING et al. (1998) relataram que o índice de colheita de cultivares modernas e híbridas atinge valores de 0,40 e 0,55. Mas a cultivar de arroz moderno avaliada (Maravilha) apresentou metade desses valores, contrastando com os valores de índice de colheita da cultivar Primavera (Tabela 1).

Tabela 1 - Índice de colheita (IC) de três cultivares de arroz de terras altas cultivadas sob irrigação por aspersão¹.

Table 1 – Harvest index (IC) of the three rice cultivars irrigated by sprinkling¹.

Cultivar	IC
Caiapó	0,27 b
Primavera	0,50 a
Maravilha	0,26 b

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

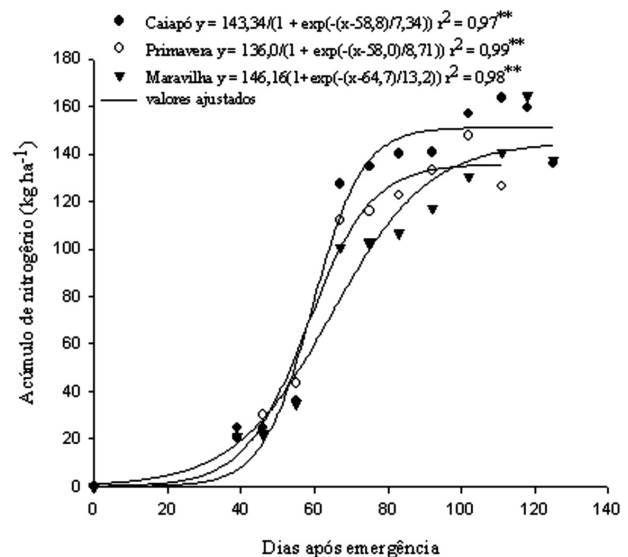
¹Means followed by the same letter do not differ by Tukey test at 5% of probability.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Uma das cultivares de arroz precoce avaliadas por KINIRY et al. (2001), 'Jefferson', apresentou o maior índice de colheita em três dos quatros cultivos bem como a maior produtividade em todos os cultivos, semelhante a nossos resultados. Esses autores ainda certificaram que prováveis aumentos na produtividade das cultivares de arroz são provavelmente obtidos por aumento dos componentes da produção, contribuindo para aumentar o índice de colheita e não de aumento no uso eficiente da radiação solar. Isso é aceitável, visto que a cultivar Maravilha (grupo moderno), com melhor arquitetura de planta, teoricamente, com maior uso eficiente da radiação solar, mostrou produtividade

33% menor que a aceitável para o arroz de terras altas sob condições tropicais. Consequentemente, o maior número de espiguetas por panícula, na cultivar Primavera, contribui para o maior índice de colheita neste material, uma vez que a fertilidade de espiguetas foi semelhante entre as cultivares avaliadas (Tabela 2).

Com relação à marcha de acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas das cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha (Figura 3), verifica-se que, durante o crescimento e desenvolvimento da cultura, a extração de nutrientes não se faz nas mesmas quantidades durante as suas diferentes etapas, e a curva que descreve a marcha de absorção (extração em função do tempo) é, em geral, uma sigmóide (MALAVOLTA, 1980).



parte aérea das cultivares Caiapó, Primavera e Maravilha de arroz de terras altas irrigado por aspersão.

Figure 1 – Nitrogen accumulation during plant cycle by shoot of the Caiapó, Primavera and Maravilha rice cultivars irrigated by sprinkling.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

No início, a demanda de nitrogênio foi baixa, intensificando-se de modo quase linear a partir do ativo perfilhamento até o florescimento, tendo sido constatado que cerca de 82% do N-total foi absorvido neste período, mas, a partir daí, começou a mostrar tendência assintótica. Esta resposta está de acordo com os relatos de MALAVOLTA (1978), WADA et al. (1986) e FORNASIERI FILHO & FORNASIERI (1993), tendo estes últimos autores verificado que até o florescimento a planta já absorveu mais de 75% do N-total. Até essa fase, o nitrogênio absorvido pela planta é armazenado nas folhas, sendo depois drenado aos grãos em proporção de até 50% do total armazenado na planta. A absorção da outra metade ocorre depois do

florescimento (PERDOMO et al., 1985; ARIMA, 1995).

Altura da planta, componentes da produção e produtividade de grãos

Quanto à altura da planta (Tabela 2), constatou-se que a cultivar Maravilha diferiu significativamente da Caiapó e da Primavera, apresentando menor altura. Esse resultado respalda a descrição e a classificação atribuída pela EMBRAPA (2000) à cultivar Maravilha.

O número de panículas (Tabela 2) não foi diferente entre as cultivares, apesar de estes possuírem

características distintas quanto à capacidade de perfilhamento; Caiapó e Primavera apresentaram média capacidade e Maravilha alta capacidade de perfilhamento. Esse resultado pode estar diretamente relacionado com a época de instalação do experimento, em que a semeadura foi tardia, tendo influenciado esse componente, principalmente com relação à cultivar Maravilha, visto que o número de panículas por metro quadrado depende, entre outros, do número de colmos por metro quadrado.

Tabela 2 - Altura da planta, componentes da produção e produtividade (kg ha⁻¹) das cultivares de arroz de terras altas, Caiapó, Primavera e Maravilha, no ano agrícola de 2001-2002. Botucatu-SP¹.

Table 1 – Plant height, production components and yield (kg ha⁻¹) of the Caiapó, Primavera and Maravilha rice cultivars in the agricultural year 2001-2002. Botucatu-SP¹.

Cultivares/ Cultivars	Altura da planta/ Plant height (cm)	Número de panículas por m ² / Panicle per m ²	Número de espiguetas por panícula/ Spikelets per panicle	Fertilidade de espiguetas/ Spikelets fertility (%)	Massa de 1.000 grãos/ Mass of 1.000 grains (g)	Produtividade de grãos/ Grains yield (kg ha ⁻¹)
Caiapó	97 a	241 a	114 b	76,5 a	27,0 a	4157 b
Primavera	102 a	253 a	151 a	76,1 a	24,7 ab	6010 a
Maravilha	80 b	260 a	92 b	77,4 a	22,3 b	4094 b
Valores de F/F values						
Cultivar	25,45 **	0,73 ^{ns}	23,30**	0,08 ^{ns}	9,96**	5,24*
C.V. (%)	6,68	11,91	13,69	7,52	7,89	26,47

*, ** e ^{ns} Significativo a 5%, 1% e não-significativo, respectivamente, pelo teste F.

¹Médias nas colunas, seguidas de mesma letra, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

*, ** and ^{ns} Significant at 5%, at 1% and not-significant, respectively, by Tukey test.

¹Means in the columns, followed by the same letter, do not differ by Tukey test at 5% of probability.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Verificou-se que o número de espiguetas por panícula foi maior na cultivar Primavera, diferindo significativamente das demais, a qual produziu 25% e 40% mais estruturas reprodutivas por panículas que a Caiapó e a Maravilha, respectivamente (Tabela 2). Essas diferenças, provavelmente, são intrínsecas às cultivares, ou seja, estão diretamente relacionadas às características genéticas dos materiais, uma vez que, durante a formação das panículas (fase reprodutiva), as condições climáticas do experimento foram as mesmas para as três cultivares, além de estarem dentro da faixa adequada para a cultura do arroz.

Quanto à fertilidade das espiguetas, não houve diferença significativa entre as cultivares, o que atesta a adequada disponibilidade hídrica durante a condução do experimento, assim como as temperaturas máximas (30 °C) e mínimas (20 °C) dentro dos limites para o desenvolvimento satisfatório da cultura (FERRAZ, 1983). Pois, sob condições de deficiência hídrica, a fertilidade das espiguetas é significativamente reduzida (CRUSCIOL, 1998).

A massa de 1.000 grãos foi significativamente maior na cultivar Caiapó em relação à Maravilha. Este resultado é respaldado pelo tipo de grão das cultivares, pois a Caiapó possui grão longo, e a Maravilha, grão longo-fino. A massa do grão é um caráter varietal estável, que depende do tamanho da casca, determinado durante as duas semanas que antecedem a antese, e do desenvolvimento da cariopse após o florescimento, portanto depende da translocação de carboidratos nos primeiros sete dias, para preencher o fruto no sentido de seu comprimento, e nos sete dias posteriores, na largura e espessura (MACHADO, 1994). Esse componente é pouco influenciado por fatores de ordem climática e nutricional.

Em arroz, a produção de grãos de uma dada cultivar é determinada por quatro componentes: 1) número de panículas por metro quadrado; 2) número de espiguetas por panícula; 3) porcentagem de espiguetas férteis, e 4) massa de 1.000 grãos (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 1993). Em função dos resultados dos componentes da produção, a maior produtividade

de grãos da cultivar Primavera foi em razão do maior número de espiguetas por panícula, visto que este foi significativamente maior comparado com as demais cultivares.

Conclusões

1. Entre os estádios de iniciação da panícula, florescimento e enchimento de grãos, a cultivar Primavera apresentou maiores valores de acúmulo de matéria seca do que as cultivares Caiapó e Maravilha.
2. Independentemente da cultivar, cerca de 82% do N-total foi absorvido no período entre o estádio de ativo perfilhamento e o de florescimento.
3. A cultivar Primavera apresentou maiores índice de colheita (0,5) e número de espiguetas por panícula do que as cultivares Caiapó e Maravilha, o que resultou em maior incremento do potencial produtivo de grãos para essa cultivar.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio financeiro.

Referências

- ARF, O. **Efeitos de densidades populacionais e adubação nitrogenada sobre o comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão.** 1993. 63f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1993.
- ARF, O. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e a irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.871-879, 2001.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C. Influência da época de semeadura no comportamento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por aspersão na região de Selvíria (MS). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.1.967-1.976, 2000.
- ARIMA, Y. Uptake and accumulation of nitrogen. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). **Science of the rice plant.** Tokyo: Physiology, Food and Agricultural Policy Research Center, 1995. v.2, p.327-343.
- BARBOSA FILHO, M. P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado).** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129 p. (Boletim Técnico, 9).
- BARBOSA FILHO, M. P. Adubação do arroz de sequeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n.14, v.161, p.32-38, 1989.
- BRESEGHELLO, F. Semeadura do arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. **Tecnologia para arroz de terras altas.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p.55-58.
- CRUSCIOL, C. A. C. **Efeitos de lâminas de água e da adubação mineral em dois cultivares de arroz de sequeiro sob irrigação por aspersão.** 1998. 129f. Tese (Doutorado em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- CRUSCIOL, C. A. C. **Espaçamento e densidade de semeadura do arroz, cv. IAC 201, sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão.** 1995. 104f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1995.
- CUNHA, A. R.; KLOSOWSKI, E. S.; GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; MARTINS, D. Classificação climática para o município de Botucatu-SP, segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1, 1999, Botucatu. **Anais...** p.487-490.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de arroz e feijão. **Informações sobre cultivares de arroz indicadas para o cultivo em terras altas.** Santo Antônio de Goiás, 2000.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1999. 412p.
- FAGERIA, N. K.; WILCOX, G. E. Influência de nitrogênio e fósforo no crescimento do arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, n.30, p.24-8, 1977.
- FENÁNDEZ, F.; VERGARA, B. S.; YAPIT, N.; GARCIA, O. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. In: TASCÓN, J.E.; GARCIA, D. E. (Ed.). **Arroz: investigación y producción.** Cali: CIAT, 1985. p. 83-101.
- FERRAZ, E. C. Fisiologia do arroz de sequeiro. In: FERREIRA, M.E.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (eds.). **Cultura do arroz de sequeiro: fatores afetando a produtividade.** Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, 1983. p.77-94.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz.** Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221p.
- KINIRY, J. R.; MCCAULEY, G.; XIE, Y.; ARNOLD, J. G. Rice parameters describing crop performance of four U.S. cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, n.93, v. 1, p.1354-1361, 2001.
- MACHADO, J. R. **Desenvolvimento da planta e produtividade de grãos de populações de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por inundação em função de épocas de cultivo.** 1994. 237f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

MAE, T. Partitioning and utilization of nitrogen in rice plants. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Tsukuba, v.20, n.2, p.115-120, 1986.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do arroz de sequeiro**. São Paulo: Ultrafertil, 1978. 36p.

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres. 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; FERNANDES FILHO, D. Nutrição mineral da cultura do arroz. In: FERREIRA, M. E.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Ed.). **Cultura do arroz de sequeiro: fatores afetando a produtividade**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, 1983. p.95-140.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MURAYAMA, N. Development and senescence. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). **Science of the rice plant**. Tokyo: Physiology, Food and Agricultural Policy Research Center, 1995, v.2, p.119-132.

PERDOMO, M. A.; GONZALEZ, J.; GALVIS, C. de; GARCIA, E.; ARREGOCÉS, O. Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. In: TASCÓN, J. E., GARCIA, D. E. (Ed.). **Arroz: investigación y producción**. Cali: CIAT, 1985. p.103-132.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Genetic control of blast in relation to nitrogen fertilization in upland rice. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.5, p.339-347, 1996.

RAIJ, B. van, CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983.31p. (Boletim Técnico, 81).

SANT'ANA, E. P. Cultivo de arroz irrigado por aspersão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.14, n.161, p.71-75, 1989.

SANTOS, A. B.; PRABHU, A. S.; AQUINO, A. S.; AQUINO, A. R. L.; CARVALHO, J. R. P. Épocas, modos de aplicação e níveis de nitrogênio sobre brusone e produção de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.7, p.697-707, 1986.

SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; FAGERIA, N. K.; PRABHU, A. S.; MAH, M. G. C.; AQUINO, A. L. R., AJIMURA, G. M.; BARBOSA FILHO, M. P.; ZIMMERMANN, F. J. P.; CARVALHO, J. R. P.; OLIVEIRA, A. B.; SILVEIRA FILHO, A. Efeito do conjunto de técnicas aplicadas ao sistema de produção do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.6, p.835-845, 1982.

STONE, L. F.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. II. Efeito na utilização do nitrogênio pelo arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.11, p.1.403-1.416, 1984.

STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigado por aspersão: Efeitos do espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.11, p.1.701-1.713, 1994.

WADA, G.; SHOJI, S.; MAE, T. Relationship between nitrogen absorption and growth and yield of rice plants. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Tsukuba, v.20, n.2, p.135-145, 1986.

YING, J.; PENG, S.; HE, Q.; YANG, H.; YANG, C. Comparison of high-yield rice in tropical and subtropical environments: I. Determinants of grain and dry matter yields. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.57, n.1, p.71-84, 1998.

YOKOYAMA, L. P. O arroz no Brasil de 1985/86 a 1999/00: aspectos conjunturais. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.96-99.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1981. 269p.

Recebido em 30-9-2004

Aceito para publicação em 12-1-2007