Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Eficiência no uso e resposta de cultivares de arroz à aplicação de fósforo em solos de terras altas

Efficiency in use and response of rice cultivars application of phosphorus in soil of upland

Rodrigo Ribeiro Fidelis[1], Joedna Silva[1], Dariana Byndalla Del Plata Vasconcelos Maciel[1], Leila Paula Tonello[1], Sérgio Alves de Sousa[1]

[1]Universidade Federal de Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi, Rua Badejós, lote 07, Chácaras 69 e 72, Zona Rural, Caixa Postal 66, CEP: 77402-970, Gurupi, TO. fidelisrr@mail.uft.edu.br

Recebido em: 16/01/2013 Aceito em: 15/08/2014

Resumo. Para que haja expansão da área de cultivo do arroz (*Oryza sativa* L.) e ocorra aumento da produtividade, é de fundamental importância a avaliação de genótipos promissores em regiões que tenham potencialidade. Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar cultivares de arroz quanto ao uso de fósforo, em terras altas, no sul do Estado de Tocantins. O estudo foi executado na Universidade Federal do Tocantins, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições, num esquema fatorial 6 x 2, constituído por seis cultivares (BRS-Primavera, BRS-Caiapó, BRSMG-Curinga, BRSMG-Conai, BRS-Sertaneja e BRS-Bonança) e dois ambientes (condições de baixa e alta disponibilidade de P). Para simular ambientes com baixo e alto nível de fósforo, foram utilizadas as doses de 20 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5, respectivamente. Verificou-se que o ambiente de baixo fósforo resultou em menor altura de plantas e retardou o florescimento da maioria das cultivares avaliadas. As cultivares BRSMG-Conai e BRS-Primavera são eficientes e responsivas quanto ao uso do fósforo. A cultivar BRSMG-Conai destacou-se em relação às demais por sempre compor o grupo mais produtivo tanto em ambiente de alto quanto de baixo fósforo para produtividade e massa de cem grãos.

Palavras-chave: melhoramento vegetal, *Orysa sativa* L., produtividade

Abstract. So there is expansion of the cultivation area of rice (Oryza sativa L.) and there is an increase in productivity, is of fundamental importance to evaluate promising cultivars in regions that have potential. With this aim with this study was to evaluate rice genotypes on the use of phosphorus in the uplands, in the southern state of Tocantins. The study was performed at the Federal University of Tocantins, using the experimental design of randomized block with four replications in a factorial scheme 6 x 2, consisting of six cultivars (BRS-Primavera, BRS-Caiapó, BRSMG-Curinga, BRSMG-Conai, BRS-Sertaneja and BRS-Bonança) and two environments (under low and high P availability conditions). To simulate environments with low and high levels of phosphorus were used doses of 20 and 120 kg ha^{-1} of P_2O_5, respectively. It was observed that the environment of low phosphorus resulted in less height and delayed flowering plants of most cultivars evaluated. Cultivars BRSMG-Conai and BRS-Primavera are efficient and responsive to the use of phosphorus. The cultivar BRSMG-Conai stood out over the other for composing the group always more productive environment for both high as low-phosphorus to yield and weight of hundred grains.

Keywords: plant breeding, *Orysa sativa* L., productivity

Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das culturas de maior importância social e econômica no mundo, por se tratar de um dos principais produtos da cesta básica e fonte primordial de calorias em grãos, fornecendo 21% das calorias e 14% das proteínas necessárias ao ser humano (Azambuja et al., 2004; Ferreira et al., 2005). Destaca-se também, como uma das culturas mais importantes do mundo, por apresentar facilidade de adaptação a condições edafoclimáticas distintas (Fornasieri Filho & Fornasieri, 2006).

A orizicultura brasileira é praticada sob quatro sistemas básicos de cultivo, em dois ecossistemas: o de várzeas e o de terras altas. No ecossistema de várzea o cultivo deste cereal pode ser conduzido em várzea sistematizada, com controle da lâmina de água e em várzea úmida não sistematizada, irrigadas pela água da chuva ou pela elevação dos lençóis freáticos (Guimarães &

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Sant'ana, 1999); já no ecossistema de terras altas o arroz é cultivado em terras firmes nas quais os índices pluviométricos, as enchentes dos rios ou o afloramento natural dos lençóis freáticos e a irrigação suplementar por aspersão são as fontes de água disponíveis para o desenvolvimento das plantas (Rangel, 1995).

Nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, a área cultivada com arroz de terras altas vem diminuindo anualmente devido principalmente à concorrência com a soja e o milho e a diminuição da abertura de novas áreas de lavoura, onde o arroz tem preferência no primeiro ano de cultivo, apresentando baixas produtividades nos anos subsequentes (Conab, 2012).

A produção brasileira de arroz alcançou 11,8 milhões de toneladas na safra 2011/2012, com média nacional de produtividade de arroz irrigado em torno de 6.954 kg ha^{-1}, enquanto que a média nacional de produtividade de arroz de sequeiro atinge aproximadamente 2.186 kg ha^{-1}. A área de arroz cultivada no Brasil na safra 2011/2012 está em torno de 2.470,8 mil hectares, 12,4% menor que a área da safra anterior. Para o estado do Tocantins a área estimada para esta safra é de 120,1 mil hectares, sendo a produtividade de 3.686 kg ha^{-1} e uma produção estimada para 442,7 mil toneladas (Conab, 2012).

As limitações na disponibilidade de fósforo (P) no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados, pois tal suprimento é essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta (Tanguilig et al.,1987). Além de que, é o elemento de maior exportação percentual no produto colhido (Fornasier Filho & Fornasieri, 1993).

O elemento P é um macronutriente de grande importância, constituindo cerca de 0,2% da massa seca das plantas. Participa como componente estrutural dos ácidos nucléicos e fosfolipídios, e também de adenosina trifosfato (ATP), sendo um elemento-chave de vias metabólicas e bioquímicas, como as várias etapas das vias de plantas C3 e C4 do ciclo de Calvin e glicólise (Holford, 1997).

Com relação à influência da planta na eficiência da adubação fosfatada, Graham (1984), define esta eficiência como a habilidade de um genótipo em fornecer altas produtividades num solo deficiente no nutriente em estudo.

A seleção de plantas mais eficientes no uso do fósforo é importante para tornar mais econômica a cultura do arroz, e assim maximizar a produção de grãos, especialmente nas condições do cerrado (Fageria, 1992; Otani & Ae, 1996). Assim, o conhecimento das correlações das características da planta de arroz e eficiência torna-se imprescindível no seu melhoramento (Venkovski & Barriga, 1992).

Para que haja expansão da área de cultivo e ocorra aumento da produtividade, é de fundamental importância a avaliação de genótipos promissores em regiões que tenham potencialidade.

Estima-se que metade do incremento da produtividade das principais espécies agronômicas nos últimos 50 anos seja atribuída ao melhoramento genético de plantas (Borém & Miranda, 2005).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar cultivares de arroz quanto ao uso de fósforo, em terras altas, no sul do Estado de Tocantins.

Material e Métodos

Foram realizados dois experimentos, sendo um em condições de alto nível de fósforo e o outro com baixo nível. Os experimentos foram realizados em terras altas na Fazenda da UFT, no município de Gurupi (TO), situada com altitude de 280 m, no ano agrícola 2009/10. Para o estudo foram utilizadas as cultivares BRS-Primavera, BRS-Caiapó, BRSMG-Curinga, BRSMG-Conai, BRS-Sertaneja, BRS-Bonança, fornecidas pela Embrapa Arroz e Feijão. O preparo do solo foi realizado com uma gradagem pesada + grade niveladora.

A correção da acidez do solo foi realizada de acordo com análise química do mesmo, sendo feita a calagem de acordo com o método de saturação por bases, de forma a elevar o pH do solo e atingir saturação de bases de 50%, seguindo as recomendações para a cultura de arroz de terras altas (Ribeiro et al., 1999).

O plantio e adubação foram realizados manualmente, no dia 12 de dezembro de 2009, onde foram distribuídas 60 sementes por metro linear de sulco. A adubação de semeadura seguiu as recomendações para a cultura, de acordo com análise de solo que apresentou as seguintes características: pH (H_2O) 4,2; Ca+Mg 0,8$cmol_c$ dm^{-3}; Al 0,4$cmol_c$ dm^{-3}; H+Al 4,1$cmol_c$ dm^{-3}; CTCt 1,2$cmol_c$ dm^{-3}; K 26,6 mg dm^{-3}; P 1,2 mg dm^{-3}; V 17,1%; m 32,0%; MO 18 g dm^{-3}; Areia 69 dag kg^{-1}; Silte 4,1 dag kg^{-1} e Argila 27,0 dag kg^{-1}.

Desta forma, visando simular ambientes com baixo e alto nível de fósforo, foram aplicadas em plantio, as doses 20 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato simples), respectivamente (Fageria *et al*., 1991) e 90 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

potássio, descontando-se o adubo presente no solo. A adubação de cobertura foi realizada em duas vezes, sendo a primeira por ocasião do perfilhamento efetivo e a segunda aplicada na diferenciação do primórdio floral, ambas com 45 kg ha^{-1} de N (uréia). Os tratos culturais ocorreram mediante uso de herbicida e inseticida quando se fez necessário.

As características avaliadas foram: número de dias para florescimento (DF) (dias para emissão de 50% das panículas, a partir da data da semeadura); altura da planta (AP) (medida da superfície do solo até o ápice da panícula do colmo central, excluída a aresta, quando presente); produtividade media de grãos (PMG) (produção de grãos limpos com 13% de umidade, em kg ha^{-1}); massa de cem grãos (MCG) em gramas (massa de uma amostra de cem grãos sadios por parcela); e índice de Clorofila Total (Cl Total), cujas leituras foram realizadas no terço médio da planta, na parte central do limbo foliar em três plantas por parcela aos 85 dias após plantio. Para as leituras, utilizou-se o clorofilômetro ClorofiLOG® modelo CFL 1030. Os valores dos índices de clorofila foram expressos em ICF (Índice de Clorofila Falker).

Para a diferenciação das cultivares quanto à eficiência no uso e resposta a aplicação do P, foi utilizada a metodologia proposta por Fageria & Kluthcouski (1980) e Fageria & Baligar (1993), que sugerem a classificação das cultivares quanto à eficiência no uso e resposta a aplicação do P (eficiência e resposta - ER). Onde a utilização do nutriente é definida pela média de produtividade de grãos em baixo nível de P e a resposta à utilização do nutriente é obtida pela diferença entre a produtividade de grãos nos dois níveis, dividida pela diferença entre as doses, sendo utilizada a seguinte fórmula: IR = (AP - BP)/DEP, onde: IR= Índice de resposta; AP = produção com alto nível de fósforo; BP = produção com baixo nível de fósforo; DEP = diferença entre as doses de P.

Foi utilizada uma representação gráfica no plano cartesiano para classificar as cultivares quanto à eficiência no uso e resposta a aplicação do P (Figura 2). No eixo das abscissas, encontra-se a eficiência na utilização do fósforo e no eixo das ordenadas, a resposta a sua utilização. O ponto de origem dos eixos é a eficiência média e a resposta média das cultivares. No primeiro quadrante foi representado as cultivares eficientes e responsivas; no segundo, as não eficientes e responsivas; no terceiro, as não eficientes e não responsivas e no quarto, as eficientes e não responsivas. Segundo Fageria et al. (2007) do ponto de vista prático, os genótipos mais desejáveis são os eficientes e responsivos por apresentam maiores produtividades de grãos tanto com baixa como com alta dose de N, dessa forma, propiciarem retorno econômico ao produtor.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, num esquema fatorial 6 x 2, constituído por seis cultivares e dois ambientes (condições de baixa e alta disponibilidade de P).

A área total (9,0 m^2) de cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas de 5,0 m de comprimento espaçadas de 0,45 m, enquanto a área útil (3,6 m^2) foi composta pelas duas linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de linha.

Os dados experimentais foram submetidos às análises individual e conjunta de variância, com aplicação do teste F. A análise conjunta foi realizada sob condições de homogeneidade das variâncias residuais. Para as comparações entre as médias de tratamentos, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

Houve efeito significativo da interação cultivar versus ambiente para todas as carcterísticas avaliadas, demostrando que o ambiente influenciou de forma diferenciada as cultivares estudadas (Tabela 1). Desta forma, realizou-se o desdobramento de um fator dentro do outro, ou seja, houve o estudo do fator Cultivar dentro de cada nível do fator Ambiente, para as diferentes características estudadas. Pode-se observar ainda, a significância para todas as características no fator cultivar e para altura de plantas, número de dias para florescimento, produtividade de grãos e clorofila total no fator ambiente. Os baixos valores dos coeficientes de variação das características número de dias para florescimento, altura de plantas, massa de cem grãos e clorofila total, demostram que os experimentos foram bem executados.

Para produtividade de grãos, entretanto, observa-se coeficiente elevado (35,76%), porém, considerado adequado para a condição de estresse avaliada. De acordo com Blum (1988), em ambiente de estresse, valores dessa natureza são normais. Como foi realizada análise conjunta de variância, o ambiente de intenso estresse, com maiores valores de coeficiente de variação, acabou por elevar os valores no ambiente de médio estresse.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as características número de dias para florescimento (DF), altura de plantas (AP), massa de cem grãos (MCG), produtividade de grãos (PG) e índice de clorofila total (Cl Total), de seis cultivares de arroz, cultivados em terras altas no sul do Estado do Tocantins com baixa e alta dose de P (20 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5), safra 2009/10.

FV	GL	Quadrado Médio				
		DF (dias)	AP (cm)	MCG (g)	PG (kg ha^{-1})	Cl Total (ICF)
Blocos/Ambiente	6	15,743^{ns}	10,301^{ns}	0,033^{ns}	4883,517^{ns}	11,361^{ns}
Cultivar	5	311,770**	223,288**	0,308**	230326,701**	40,583**
Ambiente	1	858,520**	360,803**	0,381^{ns}	242094,396**	46,827**
Cultivar x Ambiente	5	269,470**	44,999**	0,150**	125685,177**	11,761*
Resíduo	30	18,976	6,199	0,039	6.701,506	4,462
Média geral		88,895	74,150	2,364	228,897	50,126
CV (%)		4,90	3,36	8,42	35,76	4,21

^{ns} não significativo; ** significativo para P < 0,01; * significativo para P < 0,05 pelo teste F.

Para a característica altura de plantas, analisando cultivares dentro dos ambientes, observou-se efeito da adubação fosfatada em relação às cultivares analisadas, com exceção das cultivares BRS-Sertaneja e BRSMG-Curinga (Tabela 2). Como já esperado, as plantas com maior disponibilidade de nutrientes (Alto P), apresentaram maior estatura, provavelmente influenciado pela melhor absorção de fósforo pelas raízes. Grant et al. (2001) relatam em seu trabalho que dentre os sintomas de deficiência de P incluem diminuição na altura da planta. Fageria et al. (1997) mostraram efeito do nível de P sobre o crescimento das plantas de arroz de terras altas. Kischel et al. (2011) observaram superioridade estatística das plantas sob o ambiente onde foi aplicada alta dose, embora fosse de nitrogênio (120 kg ha^{-1}), quando comparado com o ambiente onde foi aplicada baixa dose de nitrogênio (20 kg ha^{-1}) em experimento na várzea úmida, no estado do Tocantins.

Analisando ambiente dentro de cultivares, constata-se que no ambiente de alto fósforo, a cultivar que apresentou maior estatura foi a BRS-Primavera (87,85 cm), e a que apresentou menor estatura foi a BRS-Bonança (68,05 cm), não diferindo estatisticamente da BRSMG-Curinga (71,20 cm).

.

Tabela 2. Médias das características altura de plantas (AP) e número de dias para florescimento (DF), com baixa e alta dose de P (20 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5) para cultivares de arroz, cultivado em terras altas na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi, TO, safra 2009/2010.

Cultivares	AP (cm)			DF (dias)		
	Baixo P	Alto P	Média	Baixo P	Alto P	Média
BRSMG-Conai	67,15 cB	76,45 cA	71,80	82,25 cA	74,75 dB	78,50
BRS-Caiapó	74,40 abB	81,85 bA	78,12	89,25 bcB	98,50 aA	93,87
BRS-Primavera	75,80 aB	87,85 aA	81,82	92,25 abA	86,50 bcA	89,37
BRS-Bonança	66,70 cB	68,05 dA	67,37	94,25 abA	81,75 adB	88,00
BRS-Sertaneja	74,35 abA	75,95 cA	75,15	100,25 aA	92,75 abB	96,50
BRSMG-Curinga	70,05 bcA	71,20 cdA	70,62	100,50 aA	73,75 dB	87,12
Média	71,40	76,89		93,12	84,66	

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Jakelaitis et al. (2009) avaliaram a capacidade competitiva de dois cultivares de arroz de terras altas, cultivados em diferentes espaçamentos entre linhas e na convivência com plantas daninhas e observaram que a cultivar BRS-Primavera apresentou porte superior ao BRSMG-Curinga em aproximadamente 6 cm, com altura média de 86 cm. No ambiente de baixo fósforo a cultivar que apresentou maior estatura foi BRS-Primavera (75,80 cm), não diferindo estatisticamente

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

das cultivares BRS-Caiapó e BRS-Sertaneja (74,40 e 74,35, respectivamente) e as cultivares que apresentaram menores estaturas foram BRSMG-Conai e BRS-Bonança (67,15 e 66,70 cm, respectivamente) (Tabela 2).

O fato da cultivar BRS-Primavera ter apresentado a maior estatura, também na aplicação de baixo nível de fósforo, possibilita sua recomendação para plantio em áreas com pouca ou moderada fertilidade. Castro Neto (2009) considera as alturas em torno de 0,90 m satisfatórias para o cultivo mecanizado na região, e alturas acima de 1,0 m tornam os cultivarem suscetíveis ao acamamento, podendo ocasionar prejuízos aos rizicultores, sendo assim, as alturas verificadas nesse estudo com todos os cultivares, favorecem a produção local.

Para a característica número de dias para florescimento, observa-se analisando cultivares dentro de ambiente, que o cultivar BRS-Caiapó foi o único que aumentou seu ciclo com o incremento de fósforo. Para as cultivares BRSMG-Conai, BRS-Bonança, BRS-Sertaneja e BRSMG-Curinga o incremento de fósforo ocasionou uma redução do ciclo de cultivo. O cultivar BRS-Primavera apesar de não diferir estatisticamente, também apresentou tendência de ter o maior ciclo em ambiente de estresse (Tabela 2). A limitação de fósforo pode interferir na formação dos órgãos reprodutivos, ocasionando um atraso na iniciação floral, decréscimo no número de flores e, particularmente, uma restrição na formação de sementes (Marschner, 1995). De um modo geral, a adubação rica em fósforo favorece a floração.

Ao analisar o florescimento das cultivares dentro de ambientes, nota-se que no solo com baixo nível de fósforo, o cultivar BRSMG-Conai foi o mais precoce e BRSMG-Curinga e BRS-Sertaneja as de maior ciclo, apesar de não diferir de BRS-Bonança e BRS-Primavera. Em adubações de alto P (120 kg ha^{-1}) as cultivares BRSMG-Conai e BRSMG-Curinga foram os mais precoces (74,75 e 73,75 dias, respectivamente) e BRS-Caiapó (98,50 dias) a mais tardia, não diferindo estatisticamente da BRS-Sertaneja (92,75 dias).

Para a produtividade de grãos, não foi constatado diferença significativa entre os ambientes de baixo e alto nível de fósforo para as cultivares BRS-Caiapó, BRS-Bonança, BRS-Sertaneja e BRSMG-Curinga (Tabela 3), o que se deu, provavelmente, devido a natureza genética dessas cultivares, que por serem mais rústicas, não respondem em produtividade de grãos com o incremento da adubação fosfatada. Quanto ao ambiente de alto fósforo, observa-se superioridade estatística da variedade BRSMG-Conai (831,06 kg ha^{-1}). As cultivares BRSMG–Conai e BRS-Primavera foram às únicas que apresentaram incremento significativo de produtividade quando houve melhoria do ambiente, decorrente do aumento do nível de fósforo. Estes resultados corroboram os observados por Fageria *et al*. (1991) que constataram aumento na produtividade de grãos do arroz de terras altas mediante o fornecimento de fósforo.

Ao analisar as cultivares dentro de cada ambiente, constata-se que, para as condições de baixo fósforo (20 kg ha^{-1} de P_2O_5), não houve diferença estatística entre as cultivares, entretanto, para o ambiente de alto fósforo (120 kg ha^{-1} de P_2O_5) constata-se superioridade do cultivar BRSMG-Conai em relação aos demais cultivares (Tabela 3).

Tabela 3. Médias das características produtividade de grãos (PG), massa de cem grãos (MCG) e clorofila total (Cl Total), com baixa e alta dose de P (20 e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5) para cultivares de arroz, cultivado em terras altas na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi, TO, safra 2009/2010

	PG (kg ha^{-1})			MCG (g)			Cl Total (ICF)		
Cultivares	Baixo P	Alto P	Média	Baixo P	Alto P	Média	Baixo P	Alto P	Média
BRSMG-Conai	241,77 aB	831,06 aA	536,42	2,52 aA	2,72 aA	2,62	47,08bA	47,41bA	47,25
BRS-Caiapó	145,06 aA	108,76 cA	126,91	2,62 aA	2,09 bcB	2,35	48,10bA	53,91aB	51,01
BRS-Primavera	173,58 aB	465,40 bA	319,49	2,24 aA	2,17 bcA	2,2	50,36abB	53,90aA	52,13
BRS-Bonança	133,91 aA	167,38 cA	150,64	2,43 aA	2,34 abA	2,38	47,06bA	47,81bA	47,44
BRS-Sertaneja	145,06 aA	137,63 cA	141,34	2,57 aA	2,46 abA	2,51	49,50abB	55,77abA	50,64
BRSMG-Curinga	107,87 aA	89,25 cA	98,56	2,32 aA	1,85 cB	2,08	52,74aA	51,89abB	52,32
Média	157,87	299,91		2,45	2,27		51,12	49,14	

Médias seguidas de uma mesma letra maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

As baixas produtividades de grãos devem-se provavelmente ao estresse hídrico ocorrido a partir da fase de diferenciação dos primórdios florais, resultando em possível esterilidade das espiguetas que foi potencializada pelas altas temperaturas (superior aos 35°C) (
Figura **1**).

Além disso, este déficit hídrico prolongou-se e intensificou-se quando foram emitidas as panículas, o que prejudicou também a fase de enchimento de grãos. Segundo Heinemann (2010) há grande influência do estresse hídrico na cultura do arroz de terras altas a partir de 10 dias antes do período de florescimento, sendo crítico na fase de enchimento de grãos, gerando perdas acima de 60% da produtividade.

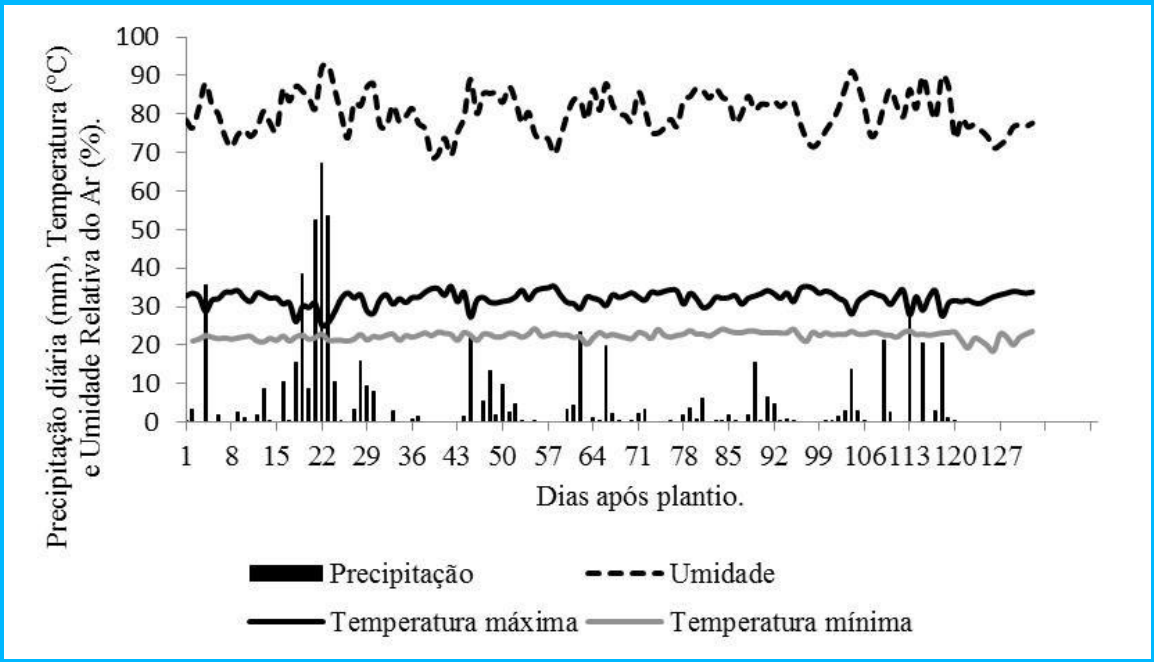


Figura 1. Precipitação diária, temperatura máxima, temperatura mínima, e umidade relativa do ar a partir da data de plantio até a colheita, Gurupi, TO, Safra 2009/2010.

Para a massa de cem grãos, não foi verificado diferença significativa entre os ambientes de baixo e alto fósforo para as cultivares BRSMG-Conai, BRS-Primavera, BRS-Bonança e BRS-Sertaneja. Entretanto, para as cultivares BRS-Caiapó e BRSMG-Curinga o incremento de fósforo resultou em redução da massa de cem grãos. Ao analisar as cultivares dentro de cada ambiente, verificou-se que para as condições de baixo fósforo, não houve diferença estatística entre as cultivares. Já para o ambiente de alto fósforo, o cultivar BRSMG-Conai apresentou maior massa de cem grãos, não diferindo estatisticamente de BRS-Bonança e BRS-Sertaneja e a cultivar BRS-Curinga foi a que apresentou menor massa de cem grãos, apesar de não diferir dos cultivares BRS-Caiapó e BRS-Primavera (Tabela 3).

No que diz respeito à característica índice de clorofila total, comparando as cultivares entre os ambientes, verificou-se que houve redução do valor de clorofila total para a cultivar BRSMG-Curinga e aumento para BRS-Primavera e BRS-Sertaneja com o incremento no nível de P. Avaliando as cultivares dentro de cada ambiente, para o de baixo fósforo, a cultivar BRS-Primavera e BRS-Sertaneja apresentaram comportamento intermediário, não diferindo da BRS-Curinga que apresentou melhor desempenho. Já no ambiente de alto fósforo, as cultivares BRS-Sertaneja e BRS-Curinga apresentaram comportamento intermediário, não diferindo da BRS-Caiapó e BRS-Primavera que obtiveram melhor desempenho (Tabela 3). As clorofilas são importantes, pois absorvem luz visível, que é então convertida em energia química potencialmente usada no processo de fotossíntese.

Sabe-se que a clorofila tem relação direta com a produtividade vegetal, e esta pode se expressar por meio de caracteres como folhas com maior área foliar específica, plantas com valores

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

ótimos de índice de área foliar que, teoricamente, apresentarão maior taxa fotossintética pela maior superfície clorofilada exposta à radiação incidente, além de que a arquitetura de planta (folhas mais eretas) contribui para que uma quantidade maior de cloroplastos explorem sua clorofila e, a partir daí, esta possa desempenhar seu papel fundamental na produção vegetal.

Bull et al. (1998) em seu estudo encontraram que a concentração de clorofila nas folhas tendeu a aumentar com as doses de fósforo aplicadas a solos com e sem adubação orgânica e justificou que tais observações estão associadas à elevação da concentração de nitrogênio no tecido foliar proporcionada pela adubação fosfatada, favorecendo assim a síntese de clorofila. Frequentemente o teor foliar de clorofila está associado ao conteúdo de N (Yoder & Pettigrew-Crosby, 1995).

O nitrogênio (N) e o fósforo (P) têm uma relação muito estreita com a produção de grãos, que atinge o máximo quando a relação N absorvido/P absorvido é de 5/1 (Oliveira et al., 1994). A adição de nitrogênio favorece a utilização do fósforo, possivelmente, por promover melhor desenvolvimento radicular.

Foram classificadas como eficientes no uso de fósforo, as cultivares BRSMG-Conai e BRS-Primavera (Figura 2), pois obtiveram as produtividades de grãos acima da média de produtividade de grãos em baixo nível de P. Rotili et al. (2010a) estudando a eficiência do uso e resposta a aplicação de fosforo de cultivares de arroz em terras altas, onde também avaliaram as cultivares estudadas aqui, concluíram que em processos associados à absorção, translocação, assimilação e redistribuição de P são mais eficientes do que nas demais cultivares. Dessa forma, cultivares eficientes no uso do fósforo, são mais indicadas para cultivos de baixa tecnologia onde os produtores não utilizam de grandes doses de adubação fosfatada em função do alto custo deste nutriente.

As únicas cultivares classificadas como responsivas foram as cultivares BRSMG-Conai e BRS-Primavera, que apresentaram índices de resposta de 5,89 e 2,91 respectivamente, significando que a cada kg de fósforo adicionado ao ambiente, houve um aumento de produtividade igual ao índice de resposta. O que são altamente recomendadas para produtores de alta tecnologia que utilizam de altas adubações. Rotili et al. (2010a) também encontraram que as cultivares BRSMG-Conai e BRS-Primavera apresentaram os maiores índices quanto à resposta a aplicação de P. Cultivares que apresentam alto índice de resposta são interessantes para cultivo, por responderem ao incremento do fósforo aplicado na adubação, quando se promove a melhoria da fertilidade do solo.

No primeiro quadrante da Figura 2, encontram-se as cultivares eficientes e responsivas (ER) que foram BRSMG-Conai e BRS-Primavera. As cultivares ER são as mais indicadas, pois são superiores às demais para cultivo que utilizam de alta ou baixa adubação fosfatada, propiciando maior retorno econômico em ambas as condições (Fageria et al., 2007).

Não foram identificadas cultivares não eficientes e responsivas, as quais seriam indicadas apenas a cultivos de alta tecnologia. E também não houve cultivar classificada como eficiente e não responsiva para adubação fosfatada (Figura 2), o que evidencia a falta de resposta à melhoria do ambiente com o incremento do nutriente. Cultivares do grupo eficientes e não responsivas são recomendadas para o cultivo em propriedades que adotam baixo nível tecnológico.

As cultivares BRS-Bonança, BRS-Caiapó, BRS-Sertaneja e BRSMG-Curinga foram classificadas como não-eficientes quanto ao uso de P e não-responsivas à aplicação de fósforo, pois não produzem satisfatoriamente quando cultivadas em estresse mineral e também não respondem a adição do nutriente no solo. Rotili et al. (2010b) estudaram a eficiência do fósforo em arroz irrigado e também encontraram cultivares não-eficientes e não-responsivas.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

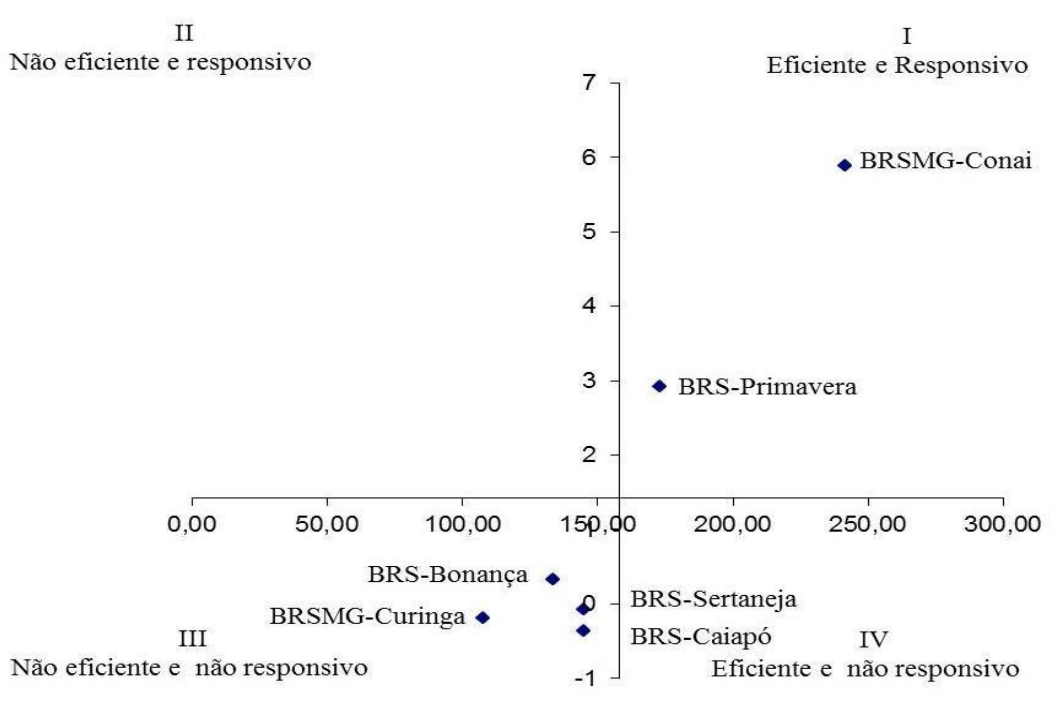


Figura 2. Eficiência no uso e resposta a aplicação de fósforo em cultivares de arroz, pela metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980).

Conclusões

O ambiente de baixo fósforo resultou em menor altura de plantas e retardou o florescimento da maioria das cultivares avaliadas;

As cultivares BRSMG-Conai e BRS-Primavera são eficientes e responsivas quanto ao uso de fósforo e;

A cultivar BRSMG-Conai destacou-se em relação às demais por sempre compor o grupo mais produtivo tanto em ambiente de alto quanto de baixo fósforo para as características produtividade de grãos e massa de cem grãos.

Referências

AZAMBUJA, I.H.V.; VERNETTI JR, F.J.; MAGALHÃES JR., A.M. Aspectos socioeconômicos da produção de arroz. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de (Ed.). Arroz irrigado no sul do Brasil. Brasília: Embrapa, 2004. p. 23- 44.

BLUM, A. **Plant breeding for stress environments**. CRC Press, Boca Raton. 1988. 223 p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

BÜLL, L.T.; FORLI, F.; TECCHIO, M.A.; CORRÊAR, J.C. Relações entre fósforo extraído por resina e respostas da cultura do alho vernalizado à adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22; p. 459-470, 1998.

CASTRO NETO, M.D. **Resistência genética de uma coleção nuclear e adubação com silício associado com nitrogênio no manejo de arroz no Sul do Estado do Tocantins.** 2009. 66 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2009.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, 8º levantamento, maio de 2012.** Disponível em: <www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_03_13_11_04_08_boletim_maio_2012. pdf >. Acesso em 24 de set. 2012.

FAGERIA, N.K. Nutrient use efficiency in crop production. In: _____. Maximizing crop yields. New York: Marcel Dekker, 1992. p. 125-163.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

FAGERIA, N. K.; KLUTHCOUSKI, J. Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo. Brasília: Embrapa, 1980, 22 p. (Circular Técnica, 8).

FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; CUTRIM, V.A. Eficiência de uso de nitrogênio por genótipos de arroz irrigado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 135).

FAGERIA, N.K; BALIGAR, V.C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: Proceedings of the workshop on adaptation of plants to soil stresses. INTSORMIL Sorghum/Millet Collaborative Research Support Program. University of Nebraska, NE, 1993.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1997. 620p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. Common bean and cowpea. In: FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. (Eds.) Growth and mineral nutrition of field crops. New York: Marcel Dekker, 1991. p.280-318.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, C.M.; PINHEIRO, B.S.; SOUSA, I.S.F.; MORAIS, O.P**. Qualidade do arroz no Brasil: Padronização**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 61p.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 589 p.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221p.

GRAHAM, R.D. **Breeding for nutritional characteristics in cereals**. In: TINKER, P.B.; LAUCHLI, A. (Ed.) Advances in plant nutrition. New York: Praeger, 1984.p. 57-102.

GRANT, C.A; FLATEN, D.N; TOMASIEWICZ, D.J; SHEPPARD, S.C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: Potafós, 2001. 16 p. (Informações Agronômicas, 95).

HEINEMANN, A. B. Caracterização dos padrões de estresse hídrico para a cultura do arroz (ciclo curto e médio) no estado de Goiás e suas conseqüências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n. 01, p. 29-36, 2010.

GUIMARÃES, E.P.; SANT'ANA, E.P. Sistemas de cultivo. In: VIEIRA, N.R.A.; SANTOS, A.B.; SANT'ANA, E. P. A cultura do arroz no Brasil. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.17-35.

HOLFORD, I.R. Soil phosphorus: its measurement and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, p. 227-239, 1997.

JAKELAITIS, A.; ARAUJO, R.; PITTELKOW, F.K.; OLIVEIRA, A.A. de; QUARESMA, J.P. de S. Resposta de duas cultivares de arroz de terras altas ao espaçamento entre linhas e a convivência com plantas daninhas. **Global Science Technology**, v. 02, n. 03, p.16 – 28, 2009.

KISCHEL, E.; FIDELIS, R.R.; SANTOS, M.M.; BRANDÃO, D.R.; CANCELLIER, E.L.; SANTOS, I.R. Nitrogênio em genótipos de arroz em várzea úmida do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, v. 58, n.1, p. 695-700, 2011.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2 ed. New York, Academic Press, 1995. 889p.

OLIVEIRA, P.S.R.; CARVALHO, J.G.; CARVALHO, G.J.; SOARES, A.A.; ALLEONI, L.R.A. Efeito da adubação nitrogenada na absorção, translocação e exportação de P, K, Ca, Mg e S por quatro cultivares e uma linhagem de arroz (*Oryza sativa* L.). **Unimar Ciências**, v.3, p. 30-40, 1994.

OTANI, T.; AE. N. Sensitivity of phosphorus uptake to change in root length and soil volume. **Agriculture Journal**, v.88, p. 371-375, 1996.

RANGEL, P.H.N. Desenvolvimento de cultivares de arroz irrigado para o Estado do Tocantins. **Lavoura Arrozeira**, v.48, n.424, p.11-13, 1995.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; V., V. H. A. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**.

Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, 359 p.

ROTILI, E.A.; FIDELIS, R.R.; SANTOS, M.M.; BARROS, H.B.; PINTO, L.C. Eficiência do uso e resposta à aplicação de fósforo de cultivares de arroz em solos de terras altas. **Bragantia**, v.69, n. 3, p. 705-710, 2010a.

ROTILI, E.A.; FIDELIS, R.R.; SANTOS, M.M.; CASTRO NETO, M.D.; KICHEL, E.; CANCELLIER, E.L. Eficiência no uso de fósforo de variedades de arroz cultivadas em solos de várzea irrigada. **Revista Ceres**, v.57, n.3, p. 415-420, 2010b.

TANGUILIG, V.C.; YAMBAO, E.B.; O'TOOLE, J.C.; DE DATTA, S.K. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. **Plant and Soil**, v.103, n.1, p.155-168, 1987.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P**. Genética biométrica no fitomelhoramento**, Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 392 p.

YODER, B.J.; PETTIGREW-CROSBY, B.E. Predicting nitrogen and chlorophyll content and concentrations from reflectance spectra (400-2500 nm) at leaf and canopy scales. **Remote Sensing of Environment**, v.53, p. 199-211, 1995.