

# CRESCIMENTO AÉREO E RADICULAR DE ARROZ DE TERRAS ALTAS EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA E BIOESTIMULANTE

## *SHOOT AND ROOT GROWTH OF UPLAND RICE AS AFFECTED BY PHOSPHORUS FERTILIZATION AND BIOSTIMULANT*

**Rodrigo Arroyo GARCIA<sup>1</sup>; Eduardo GAZOLA<sup>2</sup>; Alexandre MERLIN<sup>1</sup>; Roberto Lyra VILLAS BÔAS<sup>3</sup>; Carlos Alexandre Costa CRUSCIOL<sup>4</sup>**

1. Doutorando, Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas - FCA, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, SP, Brasil. [ragarcia@fca.unesp.br](mailto:ragarcia@fca.unesp.br); 2. Engenheiro Agrônomo, CATI - Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes, Manduri, SP, Brasil; 3. Professor, Doutor, Departamento de Recursos Naturais - FCA- UNESP, Botucatu, SP; 4. Professor Doutor, Departamento de Produção Vegetal - FCA- UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

**RESUMO:** O uso de fitorreguladores que estimulam maior crescimento radicular pode favorecer a absorção de fósforo em arroz cultivado no sistema de terras altas. Objetivou-se avaliar o crescimento aéreo e radicular de arroz submetido a diferentes doses de fósforo na presença e ausência de bioestimulante. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrônômicas-UNESP, em Botucatu-SP. Os tratamentos constaram de 6 doses de P na sementeira (0, 12,5, 25, 50, 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup>), na presença e ausência de Stimulate<sup>®</sup> aplicado via sementes (cultivar Primavera). Aos 78 dias após emergência, as plantas foram cortadas na altura do colo para determinação da área foliar e matéria seca de folhas e colmo. As amostras de raízes coletadas no mesmo dia tiveram o diâmetro médio radicular e massa da matéria seca determinadas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 2x6. Foram feitas análises de variância e regressão, e ajustaram-se equações lineares e quadráticas significativas até 5% de probabilidade pelo teste F, que apresentaram os maiores coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>). Com o aumento das doses de P, a produção de massa e área foliar das plantas de arroz foi menor na presença do bioestimulante. Para o acúmulo de fósforo na parte aérea e determinações do sistema radicular, comportamento semelhante foi observado. Conclui-se que o uso de Stimulate<sup>®</sup> no tratamento de sementes, tanto para a produção de fitomassa como nas determinações do sistema radicular, foi eficiente apenas em baixas quantidades de P.

**PALAVRAS - CHAVE:** Raiz. Fósforo. Stimulate<sup>®</sup>.

## INTRODUÇÃO

Parte considerável do arroz produzido no ecossistema de terras altas é cultivado na região do cerrado brasileiro, ou seja, em condições de baixo teor de P e alto teor de alumínio, fatores esses que limitam a produção dessa cultura granífera. Dentre os macronutrientes, o P é o de menor exigência para a cultura do arroz, porém é o de maior exportação percentual no produto colhido (FORNASIERI; FORNASIERI FILHO, 1993).

Embora alguns nutrientes, como os nitratos, se movimentam com relativa facilidade em solos úmidos, tornando pouco importante a proximidade das superfícies radiculares de absorção à fonte de recurso, para nutrientes com baixas taxas de difusão no solo, como os fosfatos, a distância entre a superfície absorviva da raiz e a fonte do recurso é muito importante (HARPER et al., 1991). Maior eficiência de absorção de fósforo do solo é obtida quando as plantas têm um maior comprimento de raiz por grama, ou seja, raízes mais finas, aliadas às melhorias nos parâmetros cinéticos de absorção (NILSEN; BARBER, 1978). Segundo Rosolem et al. (1994), os principais fatores que afetam a

absorção de P pelas plantas são a taxa de crescimento radicular, a concentração desse elemento na solução do solo e o raio médio das raízes. Embora o padrão de enraizamento esteja sob controle genético, o crescimento das raízes pode ser modificado por características químicas e físicas do solo (TAYLOR; ARKIN, 1981; FAGERIA, 1992).

Estudos desenvolvidos por Klepker e Anghinoni (1996) e Rosolem (1995) permitem inferir maior crescimento de raízes de milho, tanto em massa como em comprimento, quanto maior a disponibilidade de P para as plantas. Vários autores relatam que além dos parâmetros fisiológicos da absorção (Imax, Km, Vmax), a capacidade de absorção de nutrientes está relacionada com o comprimento radicular (BARBER, 1984; TEO et al., 1995; ROSOLEM et al., 1999), especialmente para aqueles nutrientes de baixa mobilidade no solo como o P. No entanto, são poucos os estudos envolvendo crescimento radicular de arroz em sistema de terras altas.

O uso de reguladores vegetais na agricultura tem mostrado grande potencial no aumento da produtividade (VIEIRA, 2001; ALLEONI et al., 2000), embora sua utilização ainda não seja uma

prática rotineira em culturas que não atingiram alto nível tecnológico.

Para Castro e Vieira (2001), o bioestimulante ou estimulante vegetal origina-se pela mistura de dois ou mais biorreguladores ou de biorreguladores com outras substâncias. Levando-se em conta que o Stimulate<sup>®</sup> tem em sua constituição auxina, citocinina e giberelina, sendo esses hormônios vegetais, que atuam como mediadores de processos fisiológicos, a ação desses produtos tendem a proporcionar um aumento do sistema radicular, devido ao estímulo da divisão, diferenciação e alongamento celular, ocasionando um maior potencial de absorção de água e nutrientes pelas plantas.

Algumas culturas graníferas, como a soja, feijão e arroz apresentaram incrementos no sistema radicular em função da presença de bioestimulante (VIEIRA, 2001), o que pode aumentar a capacidade das plantas em absorver fósforo em solos com baixa disponibilidade desse elemento. Santos e Vieira (2005) verificaram que o uso de bioestimulante aplicado via sementes é capaz de originar plântulas de algodoeiro mais vigorosas, com maior comprimento, massa seca e porcentagem de emergência.

Devido ao possível incremento no sistema radicular promovido por esses bioestimulantes, a demanda de fósforo pelas plantas pode ser suprida por menores quantidades de fósforo via adubação ou em solos com baixa disponibilidade desse elemento. Portanto, o objetivo desse experimento foi avaliar o crescimento aéreo e radicular de arroz de terras altas submetido a diferentes doses de fósforo na presença e ausência de bioestimulante.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP, em Botucatu-SP. Utilizou-se uma porção de solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 1999) de textura média (630 g kg<sup>-1</sup> de areia, 40 g kg<sup>-1</sup> de silte e 330 g kg<sup>-1</sup> de argila). O solo foi seco ao ar e passado em peneira com malha de 2 mm. A análise química revelou os seguintes valores: pH (CaCl<sub>2</sub>): 4,1; M.O: 18 g kg<sup>-1</sup>; S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: 14 mg dm<sup>-3</sup>; P-resina: 8 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup>: 0,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>: 1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>: 1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al: 67 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC: 68 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; e V: 3 %, determinados conforme Raij et al. (2001). O teor de água do solo na capacidade de campo (tensão de -0,01 MPa no aparelho extrator de Richards), determinado conforme Embrapa (1997), foi de 160 g kg<sup>-1</sup>.

Aplicou-se calcário dolomítico (CaO: 39%, MgO: 13% e PRNT: 91%) para elevar a saturação por bases a 60% (RAIJ et al., 1996). A terra foi umedecida à capacidade de campo e acondicionada em sacos plásticos por 30 dias. Em seguida, foi seca ao ar e adubada com 50 mg dm<sup>-3</sup> de N e 150 mg dm<sup>-3</sup> de K, utilizando-se a uréia e o cloreto de potássio como fontes, respectivamente. Já para o fósforo, como parte dos tratamentos, foram utilizadas seis doses fornecidas via superfosfato triplo. A terra fertilizada foi acomodada em vasos com 12 litros de volume.

Os tratamentos foram constituídos de 6 doses de P na semeadura (0, 12,5, 25, 50, 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup>), na presença e ausência de bioestimulante (0,009% de cinetina, 0,005% de ácido giberélico e 0,005% de ácido indolbutírico). A aplicação desse produto foi feita por ocasião do tratamento de sementes, na dosagem de 4 ml kg<sup>-1</sup> de semente. Foram semeadas por vaso seis sementes da cultivar Primavera, e uma semana após a emergência foi realizado o desbaste, deixando-se apenas três plantas. Durante a condução do experimento foram realizados os tratos fitossanitários recomendados para a cultura visando o controle de pragas e doenças. No início do estágio de perfilhamento, foram aplicados mais 50 mg dm<sup>-3</sup> de N, usando a mesma fonte da semeadura.

Aos 78 dias após a emergência, quando as plantas encontravam-se no estágio de diferenciação floral, essas foram cortadas na altura do colo, rente à superfície do solo, para as avaliações da parte aérea, que foi dividida em folhas e colmo. Imediatamente após a colheita, foi determinada a área foliar das plantas, utilizando-se o aparelho "area meter", sendo posteriormente secas em estufa com circulação de ar forçada, a 60°C, para a determinação da matéria seca da parte aérea (folha, colmo e planta inteira). As amostras secas durante 72 horas foram moídas em moinho do tipo Willey para determinação dos teores de P, de acordo com metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

As raízes foram separadas do solo por lavagem em água corrente sobre peneira com malha de 0,5 mm. Após a lavagem de todo o sistema radicular de cada unidade experimental, foi tomada uma amostra constituída de 20% do peso fresco, extraída no sentido do comprimento, ou seja, do ponto de surgimento das raízes adventícias, no colo da planta, até a extremidade do sistema radicular. Em seguida, as raízes foram acondicionadas em recipientes, submersas em solução aquosa com 30% de álcool etílico. Imagens das raízes foram digitalizadas em um "scanner" de leitura ótica, na resolução de 250 dpi, e analisadas pelo programa

“Win Mac Rhizo”, versão 3.8-b (Regente Instrument Inc., Quebec-Canadá), para determinação do diâmetro médio radicular. Os 80% restantes do sistema radicular juntamente com os 20% utilizados na determinação morfológica, foram secos em estufa a 60°C por 72h, onde, posteriormente, foi determinada a massa da matéria seca.

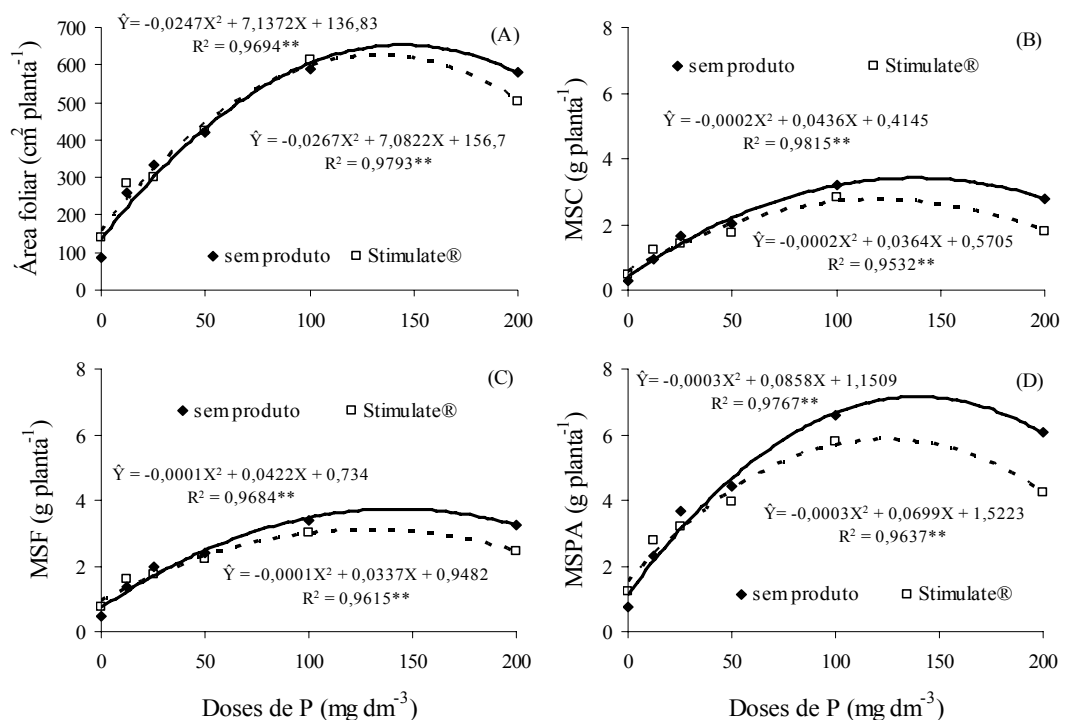
O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 2x6, com o cultivo das plantas de arroz na presença e ausência de bioestimulante, com seis doses de P na sementeira (0, 12,5, 25, 50, 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup>). Foram feitas análises de variância e regressão, e ajustaram-se equações lineares e quadráticas significativas até 5% de probabilidade pelo teste F, que apresentaram os maiores coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis área foliar, massa da matéria seca de folhas, colmo e total foram influenciadas pelas doses de fósforo, na presença e ausência do bioestimulante, com acréscimos até a dose de 100 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo (Figura 1).

Em experimento de Mesquita et al. (2004), quando avaliado o desempenho de três gramíneas forrageiras com doses crescentes de fósforo, os autores constataram que a produção de matéria seca

da parte aérea foi influenciada significativamente, de forma quadrática, em função das doses de P, enquanto que as plantas que não receberam esse elemento não perfilharam e a produção de matéria seca foi baixa. Resultados semelhantes já foram relatados por vários autores (SANTOS JR. et al., 2000; PEREIRA et al., 1997; HOFFMANN et al., 1995; GUSS et al., 1990 e MEIRELLES et al., 1988), em que o aumento na densidade de perfilhos e produção de matéria seca de algumas gramíneas foram elevados devido ao fornecimento de doses em torno de 100 mg dm<sup>-3</sup>. Já para Tokura et al. (2007), o aumento na produção de massa da matéria seca do arroz foi obtido até 400 mg dm<sup>-3</sup> de P. Nota-se que em função do aumento das doses de P, na presença do fitorregulador, os valores foram inferiores em todas as avaliações da parte aérea, quando comparada à ausência de tratamento das sementes. Para Albuquerque et al. (2004), o uso de Stimulate<sup>®</sup> no tratamento de sementes não ocasionou diferença na altura de plantas, porém, proporcionaram plantas com área foliar superiores. Dário et al., (2004) também não encontraram efeito desse produto aplicado via sementes para altura, número de colmos e de grãos por panícula, porém, influenciou positivamente na massa de mil sementes e produtividade de grãos. No entanto, nesses experimentos não foi avaliado o efeito desses biorreguladores em função da disponibilidade de fósforo.

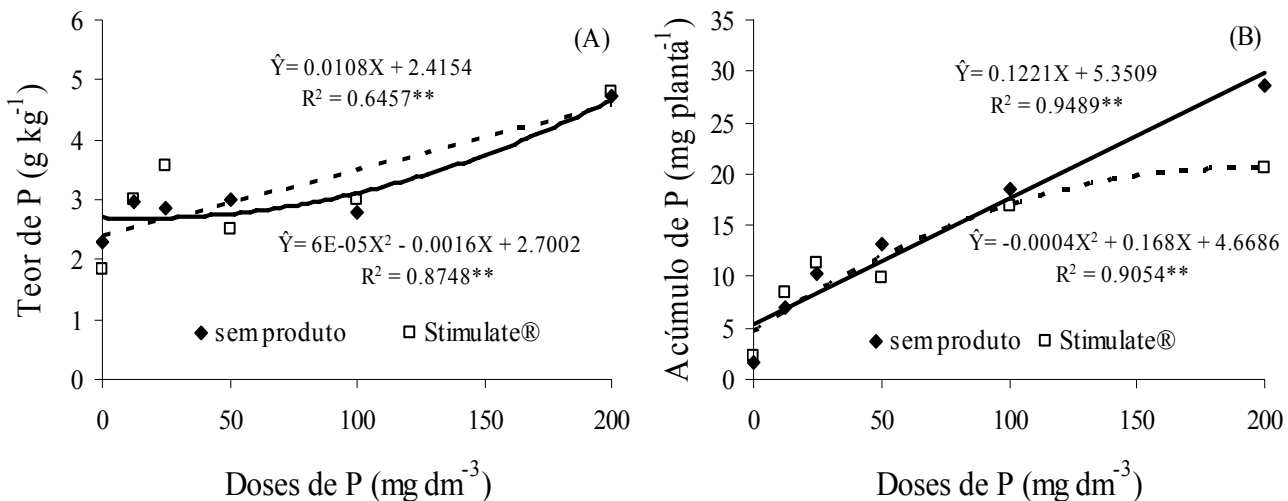


**Figura 1.** Área foliar (A), matéria seca de colmo (B), matéria seca de folha (C) e matéria seca total da parte aérea das plantas de arroz (D), aos 78 dias após a emergência, em função das doses de P na sementeira, na presença e ausência de Stimulate<sup>®</sup>. \*\* significativo a 1%.

A eficiência do produto pode ser observada apenas nas menores doses de adubo fosfatado (0 e 12,5 mg dm<sup>-3</sup>), em que a área foliar assim como as determinações de massa da matéria seca da parte aérea tiveram acréscimos em relação à ausência de produto. Portanto, em caso de baixa disponibilidade de fósforo, a utilização desses fitorreguladores no

tratamento de sementes pode proporcionar aumentos na produção de fitomassa da parte aérea.

O teor e acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas de arroz aos 78 dias após a emergência tiveram comportamentos distintos em função da presença ou não do bioestimulante, no entanto, com acréscimos devido à elevação das doses de adubo fosfatado (Figura 2).



**Figura 2.** Teor (A) e acúmulo (B) de fósforo na parte aérea das plantas de arroz, aos 78 dias após a emergência, em função das doses de P na semeadura, na presença e ausência de Stimulate®. \*\* significativo a 1%.

Destaca-se que apesar do grande incremento da produção de fitomassa da parte aérea, os teores de P nas plantas de arroz não foram reduzidos em função do acréscimo das doses de adubo fosfatado, o que contribuiu para não ocorrer o que é denominado de “Efeito Diluição”. Quanto ao acúmulo de P (Figura 2B), esse foi elevado consideravelmente até a última dose do adubo no caso da ausência de bioestimulante, e quando da aplicação desse fitorregulador, houve tendência de queda a partir da dose de 200 mg dm<sup>-3</sup>. Isso pode estar relacionado à quantidade de matéria seca produzida pelas plantas de arroz, visto que, para a dose 200 mg dm<sup>-3</sup> de P, essa produção foi consideravelmente diminuída para os tratamentos com a aplicação do produto via semente (Figuras 1B, C e D). No experimento desenvolvido por Caramori (2000), o autor relata que o aumento no acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas de arroz está em grande parte relacionada ao aumento da disponibilidade do nutriente no solo. Em contrapartida, no experimento em questão, para doses elevadas de adubação fosfatada o uso de bioestimulante não foi eficiente para acumular maiores quantidades de fósforo na parte aérea das plantas, devido ao decréscimo da área foliar e

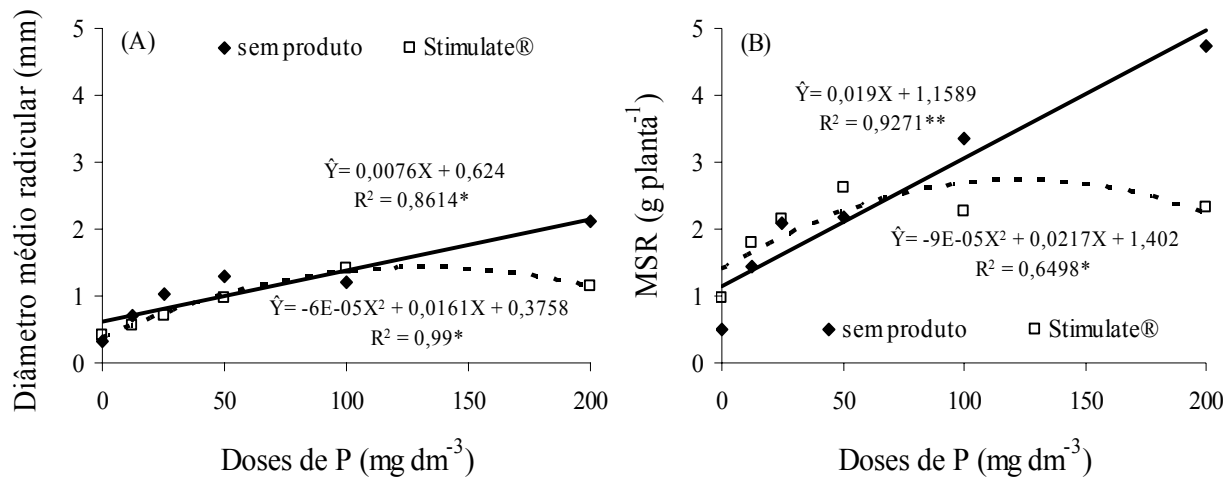
matéria seca da parte aérea das plantas de arroz (Figura 1).

Assim como para a parte aérea das plantas, as avaliações do diâmetro médio e massa da matéria seca do sistema radicular foram influenciadas pelo aumento das doses de fósforo, com comportamento distinto entre presença e ausência de tratamento das sementes (Figura 3).

As doses maiores de 100 mg dm<sup>-3</sup> de P causaram decréscimos no diâmetro médio e na massa da matéria seca de raízes, mostrando que, de alguma forma, o produto causou diminuição do crescimento das raízes a partir dessa dose, já que na ausência dele, as raízes continuaram aumentando a matéria seca (Figura 3B) e o diâmetro médio radicular (Figura 3A). Porém, assim como relatado em outros trabalhos, a baixa disponibilidade de fósforo proporcionou raízes mais finas e com menor massa nas plantas de arroz. Em experimento de Klepker e Anghinoni (1995), quando o P era colocado em apenas em uma fração do solo, havia maior crescimento radicular do milho nessa fração apenas quando o solo no resto do vaso era muito pobre em P. Shenk e Barber (1979) observaram redução no raio médio de raiz de milho cultivado em solo com baixo teor de P. Segundo os autores,

este seria um mecanismo utilizado pelas plantas para aumentar a superfície radicular e em consequência, a absorção de fósforo. Crusciol et al. (2005), em experimento comparando cultivares de

arroz, concluiu que esses materiais apresentaram diminuição do diâmetro radicular quando cultivados em baixos níveis de fósforo.



**Figura 3.** Diâmetro médio radicular (A) e matéria seca das raízes de arroz (B), aos 78 dias após a emergência, em função das doses de P na sementeira, na presença e ausência de Stimulate®. \* e \*\* significativo a 5 e 1%, respectivamente.

É importante destacar que mesmo não havendo comparação de médias para cada dose de fósforo, quando aplicados 12,5, 25 ou 50 mg dm<sup>-3</sup> de P na presença do bioestimulante, as plantas de arroz apresentaram raízes mais finas e com massas maiores, o que se pode dizer que ocorreu maior densidade de comprimento radicular para essas doses baixas, apesar de não ter sido realizada essa análise morfológica. Isso pode fazer com que nessas condições de baixa disponibilidade de fósforo a eficiência de absorção desse elemento possa ser elevada através de maior comprimento do sistema radicular.

Sant'ana et al. (2003) relatam que em alto nível de P no solo, o comprimento das raízes de

arroz de terras altas teve efeito direto na maior eficiência de utilização do P pelas plantas. *In vitro*, tanto em baixa como em alta disponibilidade de fósforo, o volume de raiz correlacionou-se positivamente com a maior eficiência na utilização de P.

## CONCLUSÕES

Na presença de bioestimulante, doses elevadas de adubo fosfatado diminuíram as variáveis da parte aérea das plantas de arroz.

A aplicação de fitoreguladores melhorou as características do sistema radicular somente nas condições de baixo fornecimento de P.

**ABSTRACT:** The use of plant regulators that stimulate root growth can increase phosphorus uptake by upland rice. The objective of this study was to evaluate shoot and root growth of upland rice fertilized with different phosphorus doses with and without biostimulant. The experiment was carried out in greenhouse in the Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP, in Botucatu-SP. The treatments consisted of six phosphorus doses applied in sowing (0, 12,5, 25, 50, 100 and 200 mg dm<sup>-3</sup>), with and without Stimulate® applied in the seeds (cv. Primavera). The plants were grown for 78 days and then cut at soil level to evaluate leaf area and leaves and collar dry matter. Root samples that were harvested on the same day had their root diameter and dry matter evaluated. The experimental design was the completely randomized, with three replications, arranged as a factorial 2x6. Variance analysis and regression were used to data evaluation. Linear and quadratic equations were adjusted at a probability level of 5%, using those with higher determination coefficient (R<sup>2</sup>). The increase on the phosphorus dose contributed to the lower matter production and leaf area of the plants when the biostimulant was applied. For shoot phosphorus accumulation and root evaluations, the same behavior was observed. It was concluded that the use of Stimulate® in seeds, for fitomass production or root system evaluation, was only efficient in low phosphorus doses.

**KEYWORDS:** Root. Phosphorus. Stimulate®.

**REFEÊNCIAS**

- ALBUQUERQUE, R. C.; GUIMARÃES, M. M. B.; BELTRÃO, N. E. M.; JERÔNIMO, J. F. Efeitos do bioestimulante Stimulate<sup>®</sup> em sementes pré-embebidas de mamona (*Ricinus communis* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD ROM.
- ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate<sup>®</sup> no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Santa Maria, v. 6, p. 23-35, 2000.
- BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. New York: Willey Interscience, 1984. 398p.
- CARAMORI, T. B. A. **Acúmulo de fósforo e crescimento de Tanzânia-1 em função de níveis de fósforo e calagem, em dois latossolos de Dourados-MS**. 2000. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2000.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicação de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132p.
- CRUSCIOL, C. A. C.; MAUAD, M.; ALVAREZ, R. de C. F.; LIMA, E. do V.; TIRITAN, C. S. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 643-649, 2005.
- DARIO, G. J.; DOURADO NETO, D.; MARTIN, T. N.; BONNECARRÉRE, R. A. G.; MANFRON, P. A.; FAGAN, E. B.; CRESPO, P. E. N. Influência do uso de fitorregulador no crescimento do arroz irrigado. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 86-94, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 412 p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.
- FAGERIA, N. K. Nutrient use efficiency in crop production. In: \_\_\_\_\_. **Maximizing crop yields**. New York: Marcel Dekker, 1992. p. 125-163.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221 p.
- GUSS, A.; GOMIDE, J. A.; NOVAIS, R. F. Exigência de fósforo para o estabelecimento de quatro espécies de *Brachiaria* em solos com características físico-químicas distintas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 19, n. 4, p. 278-289, 1990.
- HARPER, J. L.; JONES, M.; SACKVILLE-HAMILTON, N. R. The evolution of roots and the problems of analysing their behaviour. In: ATKINSON, D. (Ed.). **Plant root growth: an ecological perspective**. Oxford: Blackwell, 1991. p. 3-22.
- HOFFMANN, J. A.; FAQUIM, V.; GUEDES, G. A. A. O nitrogênio e o fósforo no crescimento da braquiária e do colônio em amostras de um Latossolo da região do noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 233-243, 1995.

- KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 395-401, 1995.
- KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Crescimento radicular e aéreo do milho em vasos em função do nível de fósforo e localização do adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 403-408, 1996.
- MALAVOLTA, E. A.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafós, 1997. 201p.
- MEIRELLES, N. M. F.; WERNER, J. C.; ABRAMIDES, P. L. G.; CARRIEL, J. M.; PAULINO, V. T.; COLOZZA, M. T. Nível crítico de fósforo em capim-colonião cultivado em dois tipos de solo: Latossolo Vermelho-Escuro e Podzólico Vermelho-Amarelo. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 45, n. 1, p. 215-232, 1988.
- MESQUITA, E. E.; PINTO, J. C.; FURTINI NETO, A. E.; SANTOS, I. P. A. dos.; TAVARES, V. B. Teores críticos de fósforo em três solos para o estabelecimento de capim-mombaça, capim-marandu e capim-andropogon em vasos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 290-301, 2004.
- NIELSEN, M. E.; BARBER, S. A. Differences among genotypes of corn in the kinetics of P uptake. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, p. 695-698, 1978.
- PEREIRA, L. A. F.; CECATO, U.; MACHADO, A. O. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada sobre a produção e rebrota do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais ...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.151-153.
- 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 & Fundação IAC, 1996. 285 p.
- RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.
- ROSOLEM, C. A. **Relações solo-planta na cultura do milho.** Jaboticabal: FUNEP, 1995, 53 p.
- ROSOLEM, C. A.; ASSIS, J. S.; SANTIAGO, A. D. Root growth and mineral nutrition of corn hybrids as affected by phosphorus and lime. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 25 p. 2491-2499, 1994.
- ROSOLEM, C. A.; WITACKER, J. P. T.; VANZOLINI, S.; RAMOS, V. J. Significance of root growth on cotton nutrition in an acidic low-P soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 212, p. 185-190, 1999.
- SANT'ANA, E. P.; SANT'ANA, E. V. P.; FAGERIA, N. K.; FREIRE, A. B. de. Utilização de fósforo e características do sistema radicular e da parte aérea de plantas de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 370-381, 2003.
- SANTOS JR.; J. D. G.; KANNO, T.; MACEDO, M. C. M. Efeito de doses de nitrogênio e fósforo na produção de matéria seca e no crescimento de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.85.
- SANTOS, C. M. G.; VIEIRA, E. L. V. Efeito de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial do algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, n. 3, p. 124-130, 2005.

SHENK, M. K.; BARBER, S. A. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, p. 921-924, 1979.

TAYLOR, D.; ARKIN, G. F. Root zone modification fundamentals and alternatives. In: \_\_\_\_\_. **Modifying the root environment to reduce crop stress**. St. Joseph: ASAE, 1981. p. 3-16.

TEO, Y. H.; BEYROUTY, C. A.; NORMAN, R. J.; GBUR, E. E. Nutrition uptake relationship to root characteristics of rice. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 171, p. 297-302, 1995.

TOKURA, A. M.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; CARNEIRO, L. F.; ALOVISI, A. A. Silício e fósforo em diferentes solos cultivados com arroz de sequeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 9-16, 2007.

VIEIRA, E. L. **Ação de bioestimulantes na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.)**. Piracicaba, 2001. 122 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo.