

**EFEITO DE BIOESTIMULANTE,  
PYRACLOSTROBINA, INIBIDOR DA  
NITRIFICAÇÃO E PARCELAMENTO DE  
NITROGÊNIO EM ARROZ DE TERRAS ALTAS**

**GEOVANI TADEU COSTA JÚNIOR**

**2009**

**GEOVANI TADEU COSTA JÚNIOR**

**EFEITO DE BIOESTIMULANTE,  
PYRACLOSTROBINA, INIBIDOR DA NITRIFICAÇÃO  
E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO EM ARROZ DE  
TERRAS ALTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Antônio Alves Soares

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Costa Júnior, Geovani Tadeu.

Efeito de bioestimulante, pyraclostrobina, inibidor da  
nitrificação e parcelamento de nitrogênio em arroz de terras altas /  
Geovani Tadeu Costa Júnior. – Lavras : UFLA, 2009.

66 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Antônio Alves Soares.

Bibliografia.

1. Plantio direto. 2. Nitrogênio. 3. *Oryza sativa*. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.18894

**GEOVANI TADEU COSTA JÚNIOR**

**EFEITO DE BIOESTIMULANTE,  
PYRACLOSTROBINA, INIBIDOR DA NITRIFICAÇÃO  
E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO EM ARROZ DE  
TERRAS ALTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 31 de julho de 2009

Dr. Moisés de Souza Reis                      Epamig

Dr. João Roberto de Mello Rodrigues      Epamig

Prof. Dr. Antônio Alves Soares  
(Orientador)

LAVRAS  
MIINAS GERAIS – BRASIL

A Deus,

por sempre iluminar meus caminhos,

### **OFEREÇO**

Aos meus pais, Maria Isabel Corrêa Costa e Geovani Tadeu Costa; ao meu irmão, Matheus Corrêa Costa, pelo apoio e amor.

À Gilvânia, por todo amor, carinho e companheirismo.

Ao meu filho, Pedro Henrique Moraes Costa, alegria da minha vida.

Aos meus avós, Alza Luzia Costa, José Maria Costa (*in memoriam*), Amélia Santana Corrêa e Antônio Francisco Corrêa (*in memoriam*).

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado, em todos os momentos dessa caminhada.

A toda a minha família, por acreditar em mim, pelo apoio e confiança.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Antônio Alves Soares, pela orientação e conselhos, não só nos estudos, mas também para a minha vida.

Ao pesquisador da Epamig Dr. Moisés Souza Reis, pela dedicação e ensinamentos que me ajudaram a chegar até essa etapa.

À pesquisadora Dra. Vanda Maria de Oliveira Cornélio, pela ajuda em todos os momentos em que precisei.

Ao Dr. João Roberto de Mello Rodrigues, pela ajuda prestada nos últimos tempos.

A todos os professores do Departamento de Agricultura e de outros departamentos que contribuíram para a minha formação.

Ao funcionário da Epamig Janir, pela ajuda na condução do experimento e, principalmente, pela amizade.

À secretária de pós-graduação do Departamento de Agricultura Marli, pela ajuda e esclarecimentos prestados nestes anos.

Aos colegas de curso Alex, Joyce, Danielli e Aline, pela ajuda, amizade e companheirismo durante o curso.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Arroz de terras altas em sistema plantio direto.....	3
2.2 Dificuldades do arroz de terras altas em se adaptar ao sistema plantio direto.....	4
2.3 A importância do nitrogênio para o arroz.....	6
2.4 Formas de absorção e utilização de N pela planta.....	7
2.5 Redutase do nitrato.....	11
2.6 Regulação e indução da redutase do nitrato.....	16
2.7 Efeitos do nitrato e do amônio sobre a atividade da redutase do nitrato e o crescimento das plantas.....	18
2.8 Efeito fisiológico da Pyraclostrobina.....	19
2.9 Bioestimulante ou biorreguladores.....	21
2.10 Inibidor de nitrificação.....	22
2.11 Resposta do arroz ao parcelamento da adubação nitrogenada.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Caracterização da área experimental.....	26
3.2 Tratamentos.....	27
3.3 Preparo dos fertilizantes.....	28
3.4 Delineamento experimental e instalação do experimento.....	29
3.5 Tratos culturais.....	30
3.6 Características avaliadas.....	30
3.7 Análise estatística.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Efeito do bioestimulante, pyraclostrobina e inibidor de nitrificação sobre a produtividade de grãos.....	33
4.2 Efeito do bioestimulante, pyraclostrobina e inibidor de nitrificação sobre a altura de plantas.....	37
4.3 Efeito do bioestimulante, pyraclostrobina e inibidor de nitrificação sobre o número de panículas por m <sup>2</sup> .....	40
4.4 Efeito do parcelamento de nitrogênio sobre as médias de produtividade de grãos.....	43
4.5 Efeito do parcelamento de nitrogênio sobre as médias de altura de plantas.....	45
4.6 Efeito do parcelamento de nitrogênio sobre as médias de número do panículas por m <sup>2</sup> .....	48
4.7 Considerações finais.....	50

5 CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

## RESUMO

COSTA JÚNIOR, Geovani Tadeu. **Efeito de bioestimulante, pyraclostrobina, inibidor da nitrificação e parcelamento de nitrogênio em arroz de terras altas**. 2009. 66 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Uma das hipóteses para o insucesso do arroz de terras altas no sistema plantio direto está relacionada à nutrição nitrogenada. Provavelmente, o principal fator limitante ao bom desempenho do arroz de terras altas está relacionado à sua incapacidade de utilizar o nitrogênio na forma de nitrato na fase inicial de seu desenvolvimento, a qual seria a forma predominante em sistemas de plantio direto. O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes formas de parcelamento de N associadas a bioestimulante, ao efeito fisiológico da Pyraclostrobina e ao inibidor da nitrificação sobre o desenvolvimento da cultura de arroz de terras altas, no sistema plantio direto. O experimento foi instalado no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e constituiu-se de 20 tratamentos. Em todos eles foram utilizados 90 kg/ha de nitrogênio aplicados da seguinte forma: 90 kg/ha no plantio; 60 kg/ha no plantio e 30 kg/ha em cobertura, aos 30 dias após semeadura (DAS); 45 kg/ha no plantio e 45 kg/ha em cobertura, aos 30 DAS; 30 kg/ha no plantio e 60 kg/ha em cobertura, aos 30 DAS; 30 kg/ha no plantio, 30 kg/ha, aos 30 dias DAS e 30 kg/ha, aos 50 DAS, combinados ou não com bioestimulante, pyraclostrobina e inibidor de nitrificação. O experimento foi implantado sob o sistema plantio direto, em delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de cinco linhas de 5 m, com espaçamento de 40 cm entre linhas e densidade de semeadura de 80 sementes viáveis por metro, utilizando-se a cultivar BRSMG Caravera. As características avaliadas foram produtividade de grãos, altura de planta e n° de panículas/m<sup>2</sup>. Nas condições deste trabalho, o bioestimulante, a pyraclostrobina e o inibidor de nitrificação não influenciam a produtividade de grãos, a altura de plantas e o número de panículas por m<sup>2</sup> no arroz de terras altas. O parcelamento do nitrogênio afeta positivamente a produtividade de grãos, a altura de planta e o número de panículas por m<sup>2</sup> em arroz de terras altas. O parcelamento do N em três aplicações (semeadura e duas coberturas) é o que mais contribui para a elevação da produtividade de grãos, no cultivo de arroz de terras altas em sistema plantio direto.

---

<sup>1</sup>Comitê Orientador: Prof. Antônio Alves Soares (Orientador) UFLA; Moisés de Souza Reis – EPAMIG e João Roberto de Mello Rodrigues – EPAMIG

## ABSTRACT

COSTA JÚNIOR, Geovani Tadeu. **Effect of bioestimulant, pyraclostrobin, nitrification inhibitor and nitrogen splitting on upland rice**. 2009. 66 p. Dissertation (Master in Crop Science)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

One hypothesis for the insuccess of upland rice in the no-tillage system is related to nitrogen nutrition. Probably, the main factor limiting the performance of upland rice is related to its inability to use nitrogen as nitrate in the initial phase of its development, which is the predominant form in no-tillage systems. The objective was to evaluate the effect of different forms of split N, associated to bioestimulant, to physiological effect of pyraclostrobin and to nitrogen fertilizer with nitrification inhibitor on the development of rice culture in uplands, under no-tillage system. The experiment was installed in the experimental field of Department of Agriculture, Federal University of Lavras (UFLA) and consisted of 20 treatments, which were used in all 90 kg/ha of nitrogen applied as follows: 90 kg/ha in planting; 60 kg/ha at planting and 30 kg/ha in coverage, 30 days after sowing (DAS); 45 kg/ha at planting and 45 kg/ha in coverage, at 30 DAS; 30 kg/ha at planting and 60 kg/ha in coverage, at 30 DAS; 30 kg/ha at planting, 30 kg/ha at 30 days and 30 kg/ha at 50 DAS, combined or not with bioestimulante, pyraclostrobin and inhibitor of nitrification. The experiment was carried under no-tillage system, using experimental delineations of randomized blocks with four repetitions. Each plot was constituted of five rows of 5 m, spaced 40 cm between rows and seeding density of 80 viable seeds per meter, using BRSMG Caravera cultivar. The characteristics evaluated were grain yield, plant height and number of panicles/m<sup>2</sup>. In the conditions of this experiment, the bioestimulant, the pyraclostrobin and the nitrification inhibitor did not influence the grain productivity, the plant's height and the number of panicles per m<sup>2</sup> on upland rice. The nitrogen splitting positively affect the grain productivity, the plant's height and the number of panicles per m<sup>2</sup> on upland rice. The nitrogen splitting in three applications (sowing and two coverages) was the one that most contributed to elevate grain productivity, on upland rice under no-tillage system.

---

Guidance Committee: Prof. Antônio Alves Soares (Adviser) UFLA; Moisés de Souza Reis – EPAMIG and João Roberto de Mello Rodrigues – EPAMIG

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto é uma das tecnologias que promoveram os maiores avanços da agricultura moderna pela redução de custos, a facilidade de manejo, a diminuição de erosão, a elevação da matéria orgânica do solo e o aumento da produtividade, entre outros benefícios. Sua adoção no Brasil vem crescendo a passos largos, já ultrapassando os 25,5 milhões de hectares, sendo adotado para a maioria das espécies de importância econômica, como milho, soja, feijão, trigo e arroz irrigado por inundação.

Contudo, para o arroz de terras altas, ainda é uma prática incipiente (Soares, 2005), pois as plantas têm encontrado dificuldades para se desenvolverem, sobretudo nos estágios iniciais. Vários trabalhos de pesquisa já foram realizados, no intuito de desvendar o mau desempenho do arroz de terras altas nesse sistema (Soares, 2004), mas ainda não obtiveram resultados conclusivos.

Uma das hipóteses para o insucesso do arroz de terras altas ao sistema plantio direto está relacionada à nutrição nitrogenada dessa cultura. Ao que tudo indica, o principal fator limitante ao bom desempenho do arroz de terras altas está relacionado à sua incapacidade de utilizar o nitrogênio na forma de nitrato na fase inicial de seu desenvolvimento, a qual seria a forma predominante em sistemas plantio direto.

Malavolta (1980) relata que, nas duas ou três primeiras semanas de vida, a planta de arroz não utiliza com eficiência o nitrogênio nítrico ( $\text{N-NO}_3^-$ ), sugerindo baixa atividade da enzima redutase do nitrato. Segundo Soares (2004), essa pode ser a chave do insucesso do arroz de terras altas quando cultivado no sistema plantio direto, pois, segundo Sá (1999), na camada de 0-7 cm de profundidade praticamente só há  $\text{N-NO}_3^-$ .

Assim, práticas de manejo que aumentem a disponibilidade do nitrogênio amoniacal na fase vegetativa de desenvolvimento das plantas ou que aumentem a atividade da enzima redutase do nitrato, poderão melhorar a adaptação dessa cultura ao plantio direto. Foi com esse objetivo que se realizou o presente trabalho, em que se avaliou o efeito de diferentes formas de parcelamento de N amoniacal, de bioestimulante, do efeito fisiológico da pyraclostrobina e de fertilizante nitrogenado com inibidor da nitrificação sobre o desenvolvimento da cultura de arroz de terras altas, no sistema plantio direto.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Arroz de terras altas em sistema plantio direto**

O ciclo de uma planta de arroz pode ser dividido em três estádios: vegetativo, reprodutivo e maturação (França, 1995). Na fase vegetativa, o requerimento de N é muito maior do que na fase reprodutiva. A cultura do arroz absorve 90% do N total antes da floração (Moore et al., 1981). O período de maior demanda ocorre com o máximo perfilhamento e início da fase reprodutiva, com absorção quase completa na emergência da panícula (Wilson et al., 1989; Baptista, 1995).

O plantio direto do arroz de terras altas tem sido considerado como não competitivo com o sistema convencional (aração e gradagem), ou seja, na maioria dos casos, a produtividade de grãos tem ficado aquém do desejado. Tem-se observado que a planta apresenta pequeno desenvolvimento do sistema radicular, reduzindo a resistência à seca e menor número de perfilhos por área, diminuindo o número de panículas por área, além de exibir um menor desenvolvimento da planta, sobretudo durante a fase vegetativa (Soares, 2005).

Diversos trabalhos de pesquisa já foram empreendidos na tentativa de solucionar esse problema. Entre eles, podem-se destacar o da adaptação do facão de corte da plantadeira no sentido de efetuar uma descompactação subsuperficial maior, facilitando, assim, o desenvolvimento do sistema radicular da planta e o de variações de doses e épocas de aplicação de nitrogênio, entre outros (Soares, 2005). Kluthcouski (1998) sugere que a planta de arroz tem um sistema radicular frágil e exige macroporosidade no solo em detrimento da microporosidade. Os cultivos sob plantio direto apresentam maior compactação, maior adensamento, menor macroporosidade e maior microporosidade. Portanto, está sujeito a menor aeração e mesmo chuvas de menor intensidade podem causar desnitrificação do nitrato, reduzindo sua disponibilidade para o arroz nos estágios mais avançados

de desenvolvimento. Isso exige uma atenção maior quanto ao manejo do nitrogênio, como época de aplicação, doses e fonte do elemento.

Portanto, há indícios de que o arroz de terras altas não é adaptado a cultivo sob sistema de plantio direto, ao contrário do arroz irrigado por inundação, em que o sistema já é amplamente utilizado e com bastante sucesso (Soares, 2005).

Apesar de várias tentativas de se adequar o arroz de terras altas ao plantio direto já terem sido experimentadas, nenhuma solucionou por completo as deficiências do sistema, provavelmente por não ter sido desvendada a principal causa que limita a sua adaptação a tal sistema. Supõe-se que, se o arroz de terras altas não se adaptar ao sistema plantio direto, ficará marginalizado, visto que os agricultores não estão mais dispostos a efetuar o revolvimento do solo (Soares, 2004).

## **2.2 Dificuldades do arroz de terras altas em se adaptar ao sistema plantio direto**

Existe um dito popular no Brasil de que o arroz de terras altas só deve ser cultivado em “terra nova” ou “descansada” e o milho em “terra velha”. Para o milho, é facilmente explicável, pois ele necessita das devidas correções do solo e elevação do pH para 6,0 a 6,5. Quanto ao arroz, em princípio, não há relação, pois ele é apenas mais tolerante a solos mais ácidos, em que a faixa ideal de pH varia de 5,5 a 5,8. Mesmo assim, após cultivos sucessivos, seu plantio tem de ser abandonado, diante do péssimo desenvolvimento das plantas e das baixas produtividades obtidas. Essa observação vem ao encontro de outro dito popular de que o arroz de terras altas deve ser cultivado, no máximo, por dois anos em uma mesma área, quando, então, terá de deixar a área “descansar” ou mudar de cultura (Soares, 2005).

Hoje, há um consenso, entre os especialistas de arroz, de que a causa da brusca queda de produtividade do arroz após dois cultivos sucessivos está nos desconhecidos efeitos alelopáticos, que são definidos como qualquer efeito prejudicial, direto ou indireto, de uma planta sobre a outra, por meio da produção de compostos químicos, liberados no meio (Rice, 1974, citado por Guimarães & Bevitóri, 1999). Em arroz, no qual o efeito se faz sentir sobre o próprio arroz, o termo mais adequado é autotoxicidade. Os ácidos fenólicos considerados como responsáveis pelos efeitos autotóxicos já foram descartados por Turano & Ogana (1974), citados por Guimarães & Bevitóri (1999), pois, segundo os autores, esses ácidos são rapidamente decompostos no solo pela ação dos microrganismos e não inibem especificamente o crescimento radicular do arroz de terras altas.

Ao contrário do arroz de terras altas, no sistema irrigado por inundação permanente ou várzea úmida com solo saturado, os “efeitos alelopáticos” são pouco percebidos, possibilitando o cultivo sucessivo do arroz na mesma área por vários anos consecutivos, principalmente por pequenos produtores em áreas de brejo, onde o solo permanece saturado em quase todo o período de cultivo (Soares, 2005).

Mas, de acordo com Soares (2004), para o arroz de terras altas, a principal deficiência do sistema plantio direto está relacionada à nutrição nitrogenada dessa cultura. A principal hipótese levantada pelo autor, baseando-se no relato de Malavolta (1980), é a de que o principal fator limitante ao bom desempenho do arroz de terras altas em sistema plantio direto está relacionado à sua incapacidade de utilizar, na fase inicial do desenvolvimento, o nitrogênio na forma de nitrato, que seria a forma predominante em sistema plantio direto.

Essa hipótese é corroborada pelos estudos realizados em sistema plantio direto. Algumas pesquisas têm demonstrado que, nesse sistema, há maior disponibilidade de nitrogênio na forma nítrica ( $N-NO_3^-$ ) no solo em relação a

outros sistemas de manejo (Sá, 1999; D'Andréa et al., 2004), principalmente na camada superficial de 0 a 10cm. Esse fato é atribuído a maiores pH, teor de matéria orgânica e bases trocáveis nessa camada, favorecendo maior atividade de microrganismos nitrificadores, o que explica, em parte, o insucesso do arroz de terras altas em sistema plantio direto.

Para Soares (2004), uma hipótese que pode ser aventada para o baixo rendimento do arroz de terras altas, quando cultivado em plantio direto, é a de que se trata de uma planta de origem hidrófila e, logo, evoluiu em um ambiente com grande abundância de água, em um meio redutor, no qual havia predominância de nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ). Dessa forma, sob baixa concentração de nitrato no meio, a planta jovem do arroz não desenvolveu um mecanismo eficiente de redução do nitrato, uma vez que o ambiente era rico em amônio e a demanda inicial baixa. Com o crescimento da planta, a demanda por nitrogênio é maior e a planta teve de lançar mão do nitrato, ativando o mecanismo de aproveitamento dessa forma de nitrogênio, ainda que mais tardiamente, certamente para aproveitar também o nitrogênio na forma nítrica ( $\text{N-NO}_3^-$ ) da rizosfera e da camada superficial oxidante.

### **2.3 A importância do nitrogênio para o arroz**

O nitrogênio é, ao lado do carbono, o nutriente mais exigido pelas plantas superiores, de acordo com Tischner (2000). Durante a fase vegetativa, o N é importante para aumentar o número de perfilhos e, conseqüentemente, o número de panículas. Na fase reprodutiva, aumenta o número de espiguetas por panícula e, na fase de maturação, é importante para manter as folhas verdes, para o processo de fotossíntese e, assim, aumentar a porcentagem de grãos cheios (Soares, 2005).

O nitrogênio faz parte de vários compostos orgânicos, como proteínas e ácidos nucleicos, da molécula de clorofila e dos citocromos. Promove o crescimento mais rápido da altura de planta e o aumento do tamanho das folhas e grãos, do conteúdo de proteína nos grãos e do sistema radicular (Soares, 2005).

A deficiência de N no solo é causada por baixo teor de matéria orgânica e perdas por lixiviação, volatilização, desnitrificação e erosão. Na planta, o sintoma de deficiência é caracterizado por amarelecimento das folhas mais velhas e, dependendo da intensidade e da evolução da deficiência, pode atingir toda a planta. As lâminas das folhas inferiores morrem, ficando o tecido com coloração marrom-chocolate. As plantas apresentam-se raquíticas, com fraco perfilhamento e folhas curtas e estreitas (Soares, 2005).

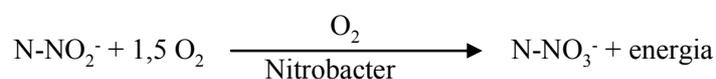
#### **2.4 Formas de absorção e utilização de N pela planta**

Para vários autores, como De Datta (1981), Fageria (1984, 1999), Barbosa Filho (1987), Fornasieri Filho & Fornasieri (1993) e Ribeiro et al. (1999), o nitrogênio é absorvido, predominantemente, pelas raízes nas formas de amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ). Segundo Soares (2005), a absorção é rápida durante as primeiras etapas de desenvolvimento até o final do período vegetativo. Diminui ligeiramente no estágio de máximo perfilhamento e diferenciação floral e volta a ser absorvido com rapidez até o estágio de grão pastoso.

Malavolta (1980) afirma que, por meio de um processo de mineralização sofrido pelo nitrogênio orgânico contido no solo, a amônia e, por conseguinte, o  $\text{N-NH}_4^+$  é a primeira forma disponível para as plantas. Entretanto, outro fenômeno que se processa com rapidez nas condições aeróbicas de solo, principalmente por bactérias autotróficas (nitrosomonas e nitrobacter), é o da

nitrificação, que consiste em oxidar o nitrogênio amoniacal a nitrato (De Datta, 1981; Yoshida, 1981; Fageria, 1984, 1999).

O processo de nitrificação do nitrogênio amoniacal (N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ocorre da seguinte forma (Malavolta, 1980):



Desse modo, o N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, oriundo tanto da decomposição da matéria orgânica quanto de fertilizantes, quando aplicado ao solo na presença de oxigênio, é rapidamente nitrificado a nitrato.

Em geral, o N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> é a forma mais absorvida, porém, isso depende da espécie de planta e fatores ambientais, como pH, temperatura e teor de carboidratos nas raízes (Santos, 2003). Em valores de pH elevado, a absorção de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> é reduzida, provavelmente, devido à inibição competitiva com o ânion OH<sup>-</sup> e, em valores de baixo pH, a absorção de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> é reduzida devido à inibição competitiva com o próton H<sup>+</sup>.

Duete (2003) relata que a idade da planta tem influência na preferência pela forma de N a ser absorvida. Assim, o íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) é absorvido, preferencialmente, nos primeiros estágios e o íon nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) nos estágios finais do ciclo da cultura. Para plantas originadas de ambientes inundados, como o arroz, a maior disponibilidade de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> em relação ao nitrato, pode explicar em parte sua absorção preferencial por essa cultura. Considerando que a redução do nitrato requer poder redutor na forma de NADH ou NADPH (Taiz & Zeiger,

2004), produzidos pelo metabolismo celular, pode-se inferir que a baixa taxa metabólica na fase inicial de crescimento, limitando a produção de poder redutor, seja uma das causas da utilização preferencial de amônio pelas plantas nesse estágio de crescimento.

A absorção de nitrato ocorre por processo ativo secundário do tipo simporte contra um potencial eletroquímico, com transporte simultâneo de  $H^+$  e  $NO_3^-$  para dentro das células. O transporte de  $NO_3^-$  ocorre por meio de uma força protomotora que explica o aumento na velocidade de absorção de  $N-NO_3^-$  quando o pH da solução do solo decresce. Uma relação de  $2H^+:1NO_3^-$  é observada para a absorção no sistema de membranas, sendo o custo energético para esta absorção de 2 moles de ATP para cada 1 mol de  $N-NO_3^-$  absorvido pelas plantas (Fernandes & Rossiello, 1995). A respeito da absorção de  $N-NH_4^+$ , os autores relatam que ela ocorre via sistema uniporte, por processo passivo. Em algumas gramíneas, o suprimento de nitrato e amônio, em quantidades equivalentes, resultou, primeiramente, na absorção do amônio, sendo a absorção do nitrato significativa apenas quando as concentrações do amônio eram muito baixas.

Brumme et al. (1992), citados por Baptista (1995), estudando diferenças na absorção de nitrato e amônio por três variedades de faia (*Fagus silvatica* L.), verificaram que o amônio era absorvido mais rapidamente e 27% a mais que o  $N-NO_3^-$ .

Em plantas de arroz, Yoshida (1981) observou absorção preferencial de amônio em relação ao nitrato, na solução que contém ambos, embora o oposto ocorresse para outras espécies. O autor revela, ainda, que raízes destacadas de plântulas de arroz absorvem amônio de cinco a vinte vezes mais rápido do que o nitrato. Segundo o autor, com planta intacta, o arroz também absorve amônio mais rapidamente que o nitrato. Por outro lado, tecidos de planta de arroz acumulam nitrato quando a concentração dessa forma na solução é alta,

sugerindo que a planta de arroz tem baixa capacidade para reduzir o nitrato a amônio.

Yamada & Abdalla (2000) relatam que plantas de milho nos estádios iniciais de crescimento utilizam, preferencialmente, o amônio e, nos estádios finais, o nitrato, não tendo os autores dado maiores informações sobre esse fato.

Além do gasto de energia durante o processo de absorção, a assimilação de nitrato, por se tratar de um processo de redução, também exige considerável demanda de energia metabólica, a qual é fornecida por agentes redutores NADH e NADPH produzidos durante o metabolismo celular. Embora exija menor quantidade de energia, quando comparado à assimilação do nitrato, altas concentrações de amônio no meio de cultivo podem ser tóxicas às plantas, dependendo da espécie envolvida e das condições ambientais (Crammer & Lewis, 1993a).

O maior desenvolvimento de plantas de milho cultivadas na presença de amônio se deve, segundo Crammer & Lewis (1993b), à maior capacidade fotossintética das plantas C4, como o milho, em relação às C3, devido ao maior suporte de esqueletos de carbono fornecidos para a assimilação do amônio nas raízes. Por outro lado, para a cultura do trigo, que é uma planta C3, a redução no acúmulo de massa seca das plantas nutridas com amônio se deve à menor assimilação deste nutriente e, conseqüentemente, pelo efeito tóxico do mesmo no sistema radicular das plantas.

O amônio, em geral, não é armazenado nas células ou é encontrado em pequenas quantidades. Geralmente, o efeito tóxico ocorre quando há grande quantidade desse íon livre nos tecidos. Essa toxidez, segundo Crammer & Lewis (1993a), se deve a uma inibição no transporte de elétrons nos cloroplastos, não permitindo a fotofosforilação e, dessa forma, diminuindo a taxa de crescimento em algumas espécies, como o trigo. Baptista (1995) afirma que, em geral, os efeitos tóxicos do amônio ocorrem quando sua concentração no tecido vegetal

atinge cerca de 0,15 mmol L<sup>-1</sup>. Em concentrações superiores a 6,0 mmol L<sup>-1</sup>, o efeito do amônio é letal.

Em alguns casos, o amônio pode causar um desbalanço nutricional pela inibição competitiva no processo de absorção com outros cátions, como o Ca<sup>+2</sup> e o K<sup>+</sup> (Jakobs & Gülpen, 1997). Em plantas de tomate cultivadas sob diferentes temperaturas e relações nitrato:amônio na solução nutritiva, Ganmore-Neumann & Kafkafi (1980) observaram que, independentemente da temperatura estudada, os teores de K<sup>+</sup>, Mg<sup>+2</sup> e Ca<sup>+2</sup> foram menores quando a fonte de N na solução nutritiva foi exclusivamente o NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

A absorção de N mineral altera o pH extracelular. Dependendo da forma de nitrogênio disponível para as raízes, pode ocorrer uma acidificação (pela absorção do N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ou uma alcalinização (pela absorção do N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) na solução de crescimento das plantas (Nye, 1981; Magalhães et al., 1974; Baptista, 1995; Andrade et al., 2001). A alcalinização ocorre devido à extrusão de OH<sup>-</sup> durante a absorção do N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. A acidificação do meio externo ocasionada pela absorção de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> deve-se ao fato do amônio gerar um excesso de cargas positivas no citoplasma celular e, para mantê-lo eletricamente neutro, o mecanismo de extrusão de prótons entra em atividade, causando um efluxo de H<sup>+</sup>, provocando uma acidificação do meio externo (Raven & Smith, 1976). Segundo Malavolta et al. (1997), a acidez gerada pela absorção do N amoniacal pode ser devido também à dissociação do H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> respiratório.

## **2.5 Redutase do nitrato**

Em plantas superiores, incluindo o arroz, a redução de nitrato ocorre predominantemente nas folhas sob luz. Sob alta intensidade luminosa, em que a taxa de difusão de CO<sub>2</sub> é que limita a taxa de fotossíntese global, a energia requerida para a redução do nitrato pode ser fornecida pela energia excedente

produzida pela reação fotoquímica na fotossíntese. Nesse caso, a redução do nitrato se processa livre de custo, ou seja, sem consumo de assimilados na respiração para gerar a energia requerida. Entretanto, sob baixa luminosidade, a redução de  $\text{CO}_2$  e a redução do nitrato são, provavelmente, competitivas. Sob tais condições, a taxa de assimilação do nitrato em nitrogênio orgânico parece ser mais lenta em arroz (Dijkshoosn & Ismunadji, 1972), citados por Yoshida (1981). Fica evidente, portanto, que dias claros e límpidos, com alta luminosidade favorecem intensamente o aproveitamento do nitrogênio absorvido na forma de nitrato sem consumo de assimilados, contribuindo, assim, para o aumento da produtividade.

As diferenças de eficiência do  $\text{N-NH}_4^+$  e do  $\text{N-NO}_3^-$  para a cultura do arroz foram encontradas em Malavolta (1980). Segundo Malavolta (1980, p. 126):

arroz, tanto o de terras altas quanto o irrigado, nas duas ou três primeiras semanas de vida quando cultivado em solução contendo  $\text{N-NO}_3^-$ , se desenvolve muito pouco, apresentando sintomas típicos de falta de N, o que não acontece se o  $\text{N-NH}_4^+$  for a fonte de nitrogênio; aos poucos, entretanto, começa a se desenvolver e suas folhas, antes amareladas pela falta de N tornam-se verdes, o que indica síntese e atividade da redutase do nitrato.

No processo de redução do nitrato a amônio, denominado redução assimilatória do nitrato, é essencial a presença da enzima redutase do nitrato. Assim, a ausência ou a baixa disponibilidade dessa enzima, no primeiro mês de vida da planta, faz com que o  $\text{N-NO}_3^-$  seja pouco aproveitado pelo arroz.

Segundo Soares (2004), a deficiência de nitrogênio nessa fase de desenvolvimento da planta compromete a lavoura, prejudicando o desenvolvimento da parte aérea, reduz a competitividade com as plantas daninhas, o crescimento do sistema radicular e provoca intensa redução do número de perfilhos. Com o avanço e o desenvolvimento da cultura, a planta passa a produzir a enzima redutase do nitrato e a deficiência de nitrogênio tende

a desaparecer, mas o prejuízo inicial é praticamente irreversível, comprometendo o potencial produtivo do arroz.

De acordo com Souza (1995), todas as redutases do nitrato de organismos eucarióticos contêm três grupos prostéticos, ou seja, grupos não proteicos, na proporção estequiométrica de 1:1:1, sendo: flavina adenina dinucleotídeo (FAD), citocromo e cofator molibdênio (Cof. Mo). Durante a redução do nitrato, o fluxo de elétrons ocorre como ilustrado na Figura 1.

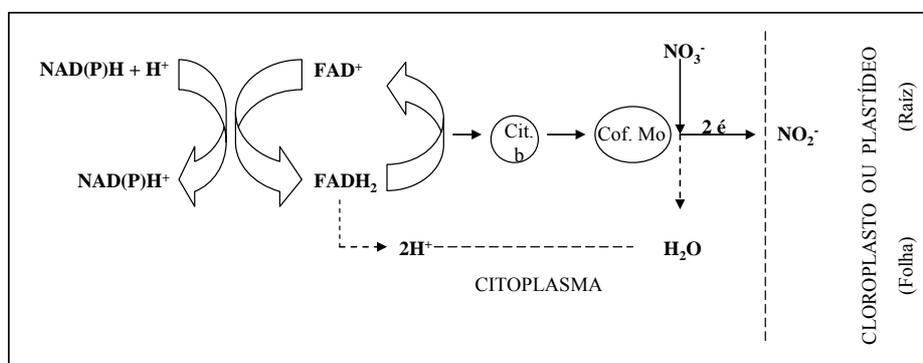


FIGURA 1 Grupos prostéticos da redutase do nitrato envolvidos no processo de redução assimilatória do nitrato (Adaptado de Araújo, 2005).

Segundo Hoff et al. (1992), três isoformas da redutase do nitrato têm sido reconhecidas em organismos eucarióticos com base na utilização do poder redutor NAD (nicotinamida adenina dinucleotídeo). A maioria das plantas superiores e algas contém uma NADH específica RN (EC 1.6.6.1). A NAD(P)H biespecífica RN (EC 1.6.6.2) tem sido identificada em um limitado número de plantas superiores. A terceira isoforma é a NADPH específica RN (EC 1.6.6.3), encontrada apenas em fungos. Algumas plantas contêm apenas uma isoforma, enquanto outras contêm as duas. Em plantas de arroz, ocorrem as duas isoformas, contudo, de acordo com Shen (1972), a isoforma NADH específica se encontra em maiores níveis em relação à biespecífica NAD(P)H.

A redutase do nitrato é a primeira enzima na via de assimilação de nitrato pelas plantas e apresenta-se, provavelmente, como a etapa limitante e reguladora desse processo. Essa enzima é considerada um fator limitante para o crescimento, o desenvolvimento e a produção de proteína em plantas que utilizam o nitrato como fonte de N (Souza, 1995).

Embora a redutase do nitrato esteja localizada no citoplasma, há evidências de que ela pode ocorrer também na superfície externa da membrana plasmática (Tischner, 2000; Siddiqi & Glass, 2002). De acordo com Wada et al. (1986), uma possível função da RN associada à membrana plasmática seria o transporte de nitrato através da membrana.

Considerando que a redutase do nitrato esteja localizada no citoplasma, a fonte primária de energia para a regeneração do NADH seria, provavelmente, a oxidação de açúcares (Beevers & Hageman, 1980). O NADH citoplasmático, possivelmente, deriva da atividade da gliceraldeído 3-fosfato desidrogenase citoplasmática, que produz NADH por meio da oxidação do gliceraldeído 3-fosfato a 1,3-bifosfoglicerato na glicólise (Taiz & Zieger, 2004).

Em tecidos fotossintetizantes, o poder redutor requerido para a atividade da redutase do nitrato é derivado do NADPH produzido nos cloroplastos pela etapa luminosa da fotossíntese. Por meio de sistemas de transporte especiais de elétrons entre o cloroplasto e o citossol, os elétrons do NADPH reduzem o  $\text{NAD}^+$  citoplasmático a NADH que, dessa maneira, poderá ser utilizado pela RN e outras reações de redução no citossol (Hageman & Bellow, 1990).

A luz é conhecida como estimuladora rápida da atividade da redutase do nitrato, enquanto, com a transferência da planta para o escuro, sua atividade decresce rapidamente. Atualmente, evidências demonstram que a fosforilação está envolvida nessa modulação, estando envolvidas duas ou três quinases dependentes de cálcio, com certa especificidade para a redutase do nitrato (Tischner, 2000). Além disso, como relata Faquin (2004), a falta de elétrons nos

cloroplastos à noite, necessários à redução do nitrito pela enzima redutase do nitrito, promoveria um acúmulo de  $\text{NO}_2^-$  no tecido, regulando a atividade da redutase do nitrato pelo seu produto.

Em folhas de milho, Camargos (2002) afirma que a regulação da redutase do nitrato a partir de sinais ligados à presença e ausência de luz envolve expressão gênica, síntese de redutase do nitrato e fosforilação/desfosforilação desta enzima.

A parte da planta é um fator que influencia a redutase do nitrato. Em geral, a atividade da redutase do nitrato é mais alta nas folhas do que nas raízes, conforme relata Souza (1995). A redutase do nitrato pode ser extraída de diferentes tecidos, tais como pecíolos, cotilédones, cultura de células, caules e raízes (Ouko, 2003). Segundo este autor, a localização da redutase do nitrato nas plantas parece estar localizada a uma adaptação ecológica. Assim, espécies pioneiras de rápido crescimento tenderiam a assimilar nitrogênio nas folhas, enquanto espécies de crescimento lento (espécies clímax) assimilariam nitrogênio nas raízes. Oaks (1994) e Druart et al. (2000) afirmam que a disponibilidade de poder redutor, de energia e esqueletos de carbono produzidos pela fotossíntese é responsável pela maior ou menor atividade da enzima nas folhas.

Campbell (1988) afirma que algumas plantas têm pouca ou nenhuma atividade da redutase do nitrato nas folhas, estando a atividade presente nas raízes. Ensaio *in vivo*, realizados por Delú Filho et al. (1997) em pecíolos, lâminas foliares e raízes de plantas jovens de seringueira, revelaram que a raiz é o órgão responsável pela redução assimilatória do nitrato, sendo as demais partes da planta ausentes da atividade da enzima. Em arroz, Santos et al. (2004) encontraram maior atividade da redutase do nitrato nas folhas, os quais observaram também diferença entre as cultivares avaliadas.

A idade da planta é outro fator de grande influência na atividade das enzimas envolvidas no processo de redução e assimilação do nitrogênio. Durante a senescência da planta, a atividade da redutase do nitrato é diminuída primeiro, enquanto a glutamina sintetase (GS) e a glutamato sintetase (GOGAT) permanecem ativas por um período mais longo, provavelmente devido ao N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> produzido durante a fotorrespiração (Storey & Beevers, 1978).

## **2.6 Regulação e indução da redutase do nitrato**

A absorção e a utilização de nitrato é um processo que consome alta quantidade de energia, como já comentado. A absorção e o transporte do nitrato, bem como sua redução do estado de oxidação +5 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) para -3 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), consomem uma substancial parcela dos elétrons originados da fotossíntese (Raven et al., 1992). Além disso, os produtos intermediários da assimilação, como o nitrito e o amônio, são potencialmente tóxicos à planta, mesmo em baixas concentrações, como já comentado. Dessa forma, as plantas superiores desenvolveram um complexo mecanismo regulatório que controla a redução e a assimilação de nitrato (Ouko, 2003).

A atividade da redutase do nitrato (ARN) é regulada por N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e metabólitos de carbono e nitrogênio (sacarose e glutamina, respectivamente), luz, fito-hormônios e níveis externos de CO<sub>2</sub> (Huber et al., 1992; Kaiser & Huber, 1994; Li et al., 1995; Sivasankar & Oaks, 1996).

Na ausência de luz ou sob baixa luminosidade, a ARN tende a cessar, havendo acúmulo de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no tecido da planta (Faquin, 2004). Segundo o autor, isso ocorre porque, nessas condições, não haveria, nos cloroplastos, um fluxo de elétrons via ferredoxina (Fotossistema I) suficiente para a redutase do nitrito reduzir o NO<sub>2</sub><sup>-</sup> para NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, com o conseqüente acúmulo de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Uma vez que o NO<sub>2</sub><sup>-</sup> é fitotóxico, mesmo em baixas concentrações, seu acúmulo promove

uma inibição na atividade da redutase do nitrato no citoplasma, acumulando, assim, o  $\text{N-NO}_3^-$  absorvido, já que este pode ser armazenado “sem prejudicar” os processos metabólicos celulares.

A redutase do nitrato é considerada uma enzima adaptativa porque sua atividade é induzida pelo substrato (nitrato) em tecidos de plantas intactas e por molibdênio em plantas com deficiência nesse micronutriente (Ouko, 2003). O nível de nitrato requerido para induzir a atividade ótima da redutase varia largamente entre as espécies e o tecido amostrado. Beevers et al. (1965) comentam que essas diferenças, provavelmente, indicam diferenças na taxa de absorção de nitrato entre as espécies e a indução da redutase do nitrato dentro de uma determinada espécie depende da concentração e da taxa de suprimento de nitrato para o tecido. Em plantas intactas, duas origens de nitrato podem desempenhar papel regulatório: uma é o nitrato armazenado nas folhas e outra é o nitrato translocado das raízes para as folhas (Ouko, 2003).

De maneira geral, a indução da atividade da redutase do nitrato parece estar relacionada à habilidade das plantas em sintetizar proteínas. Em plantas senescentes, a capacidade de indução da enzima diminui. Ainda não está esclarecido se a mudança na capacidade de indução com a idade está diretamente associada com o decréscimo na capacidade para sintetizar proteína ou se é devido a um acúmulo de compostos nitrogenados solúveis, os quais reprimem especificamente a síntese da redutase do nitrato (Lillo, 1994; Pereira-Netto et al., 1998).

## **2.7 Efeitos do nitrato e do amônio sobre a atividade da redutase do nitrato e o crescimento das plantas**

O nitrato pode induzir a atividade da redutase do nitrato por um aumento na *síntese de novo* da enzima ou por ativação da enzima redutase do nitrato pré-existente (Rajasekhar & Mohr, 1986).

Vários estudos comprovam o aumento da atividade da redutase do nitrato após o nitrato ser fornecido às plantas (Eilrich & Hageman, 1973; Hernandez et al., 1974; Fernandes & Freire, 1976; Oaks et al., 1988). Contudo, de acordo com Tischner (2000), a presença de nitrato não é um pré-requisito absoluto para a expressão do gene que codifica a enzima redutase do nitrato.

Campbell (1988) observou, em milho, que, após a adição de nitrato, a ARN aumentou rapidamente em algumas horas e, então, o nível de atividade da enzima retornou para um valor estacionário, indicando o clássico modelo de indução enzimática pelo substrato. Sommers et al. (1983), utilizando imunoelctroforese (RN em agarose contendo anticorpos específicos para RN), constataram que o aumento da atividade da redutase do nitrato em plantas induzidas por nitrato corresponde a um aumento da proteína RN, indicando *síntese de novo* da apoproteína RN.

Por sua vez, o amônio pode apresentar desde efeito inibidor até efeito estimulador desta enzima (Srisvastava & Beevers, 1980). Datta et al. (1981), em plantas de trigo e Rajasekhar & Mohr (1986), em plantas jovens de mostarda, constataram um efeito estimulador da ARN pelo amônio. Para Rajasekhar & Mohr (1986), o fato de o amônio externo ter estimulado fortemente os níveis de RN é um enigma. Bungard et al. (1999) concluíram que, na ausência de nitrato, o amônio estimulou a ARN em plantas de vitalba (*Clematis vitalba*). Tais autores propuseram outro possível papel da ARN, o qual seria manutenção do pH intercelular, uma vez que a redução de nitrato produz  $\text{OH}^-$  e assimilação de amônio produz  $\text{H}^+$ . Assim, o fornecimento de nitrogênio exclusivamente como

amônio às plantas aumentaria sua assimilação, tendo como consequência o aumento de  $H^+$  intercelular.

Souza (1995) relata que o aumento da ARN pode ser o resultado da ativação de formas inativas ou de reserva da enzima. Para detectar se a RN presente está na forma ativa ou de reserva, extrato de material vegetal deve ser analisado quanto à presença da proteína RN.

## **2.8 Efeito fisiológico da pyraclostrobina**

Efeito fisiológico é o efeito na fisiologia da planta que gera ganhos de produtividade e/ou qualidade na produção final da cultura. Ele ocorre devido ao aumento da fotossíntese líquida e da atividade da enzima redutase do nitrato (ARN), combinado com a diminuição da produção de etileno (BASF, 2007). A fotossíntese líquida pode ser explicada pela seguinte equação:

$$\text{Fotossíntese líquida} = \text{fotossíntese} - \text{respiração}$$

A fotossíntese é o processo pelo qual a planta produz a energia necessária para seu crescimento e desenvolvimento. Por meio da respiração, a planta consome essa energia produzida. Assim, quanto maior for a fotossíntese líquida, maior o acúmulo de energia (BASF, 2007).

Recentemente, foi descoberto o efeito fisiológico do fungicida pyraclostrobina, cujo ingrediente ativo atua aumentando a atividade da redutase do nitrato. Outro efeito fisiológico que ela causa na planta, como citado antes, é a redução da produção do etileno. Quando a planta envelhece, sua parte inferior vai amarelando primeiro. Esse processo, chamado senescência, é influenciado pelo etileno, que intensifica a queda de folhas velhas. A pyraclostrobina reduz a produção do etileno e, assim, proporciona uma atividade foliar mais prolongada,

fazendo com que a planta complete seu ciclo com maior vigor e eficiência (BASF, 2007).

O efeito fisiológico da pyraclostrobina aumenta a eficiência da planta porque atua em três pontos fundamentais do seu metabolismo e, com isso, gera maior reserva de energia, produz mais proteína e mantém a folha verde por mais tempo (BASF, 2007).

O efeito fisiológico da pyraclostrobina na planta está representado pela Figura 2.

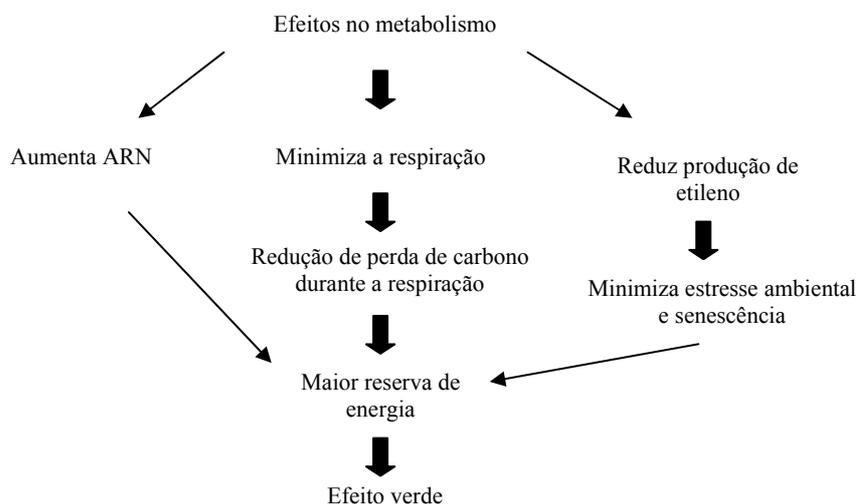


FIGURA 2 Efeito fisiológico da pyraclostrobina na planta  
Fonte: BASF (2007)

Em trabalho realizado pela Fundação ABC, em Ponta Grossa, PR, aplicando o produto Ópera<sup>®</sup>, que contém pyraclostrobina como um dos ingredientes ativos, em plantas de milho do híbrido Waxy, na concentração de 0,7 L/ha, observou-se um aumento na produção de 16% em relação à testemunha (BASF, 2007).

Quando o produto foi utilizado na cultura da soja no cerrado, fazendo duas aplicações, Basf (2007) observou produtividade média de 3.520 kg/ha, enquanto a testemunha produziu 2.272 kg/ha, ou seja, um aumento de 54,93%.

## **2.9 Bioestimulante ou biorreguladores**

Bioestimulantes são hormônios vegetais que têm o papel de controlar os diversos processos de desenvolvimento nas plantas. Portanto, biorreguladores ou reguladores vegetais são compostos orgânicos, naturais ou sintéticos, que, em pequenas quantidades, inibem ou modificam de alguma forma processos morfológicos ou fisiológicos do vegetal (Caldas et al., 1990; Castro & Vieira, 2001). Essas substâncias podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos e sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita (Castro & Melotto, 1989).

A deficiência de N na planta pode levar a baixas concentrações de hormônios como auxina, citocinina e giberelina. Assim, a suplementação das plantas de arroz nos estágios iniciais de desenvolvimento com bioestimulante (hormônios) pode aumentar seu vigor e desenvolvimento.

Vários trabalhos realizados com o uso de biorreguladores ou bioestimulantes sobre as plantas cultivadas produziram grande variabilidade nos resultados, obtidos em função da cultura, do ambiente e das práticas agrícolas empregadas. Isso justifica a necessidade de se avaliar a eficácia de um regulador vegetal ou de um bioestimulante, a fim de incrementar a produtividade da cultura de interesse econômico (Cato, 2006).

O uso do bioestimulante na agricultura tem sido relatado por vários autores: Vieira (2001) observou que a aplicação do Stimulate<sup>®</sup> via semente favoreceu significativamente a germinação de sementes e o vigor de plântulas de

soja, feijão e arroz. A aplicação de Stimulate<sup>®</sup> em soja, via tratamento de sementes e/ou via foliar, foi avaliada por Rodrigues et al. (2002), que constataram aumento da área foliar e incremento na produtividade da cultura.

Pinho et al. (2005) verificaram, em milho, que é evidente a eficiência agrônômica do produto Stimulate<sup>®</sup>, principalmente em relação à produtividade de grãos. No entanto, Dário & Baltiere (1998) não observaram diferenças significativas quando trataram sementes de milho com o bioestimulante.

Da mesma forma, a utilização do bioestimulante Stimulate<sup>®</sup> em sementes de algodão não afetou a germinação e emergência de plântulas (Belmont, 2003).

## **2.10 Inibidor de nitrificação**

Uma alternativa promissora para a manutenção do nitrogênio no solo na forma amoniacal é a de plantar espécies de plantas produtoras de substâncias que têm efeito sobre as bactérias nitrificadoras. Como exemplos, podem-se citar o nabo, o girassol, o centeio e o trigo. Ácido fenólico, terpenoides e flavonoides (quercetina e mycertina) são exemplos dessas substâncias naturais. Cabe ressaltar que a maioria dessas substâncias tem degradação relativamente rápida no solo. Portanto, deve-se efetuar um manejo adequado de forma que, quando se semear o arroz, as referidas substâncias ainda estejam ativas (Soares, 2004).

Outra alternativa é utilizar fertilizantes que contenham inibidor da nitrificação, de forma a prolongar a permanência de nitrogênio na forma amoniacal no solo. Um exemplo é o Entec 26<sup>®</sup>, que já está disponível no Brasil. O fertilizante nitrogenado com inibidor da nitrificação Entec 26<sup>®</sup> tem 26% de nitrogênio, sendo 18,5% na forma amoniacal e 7,5% na forma de nitrato (Silva et al., 2008). O Entec 26<sup>®</sup> contém, como inibidor, uma molécula de 3,4-dimetilpirazolfosfato (DMPP) que atua sobre as bactérias nitrosomonas, responsáveis pela transformação do nitrogênio amoniacal em nítrico.

### **2.11 Resposta do arroz ao parcelamento da adubação nitrogenada**

O nitrogênio (N) é o nutriente que mais limita o desenvolvimento, a produtividade e a biomassa da maioria das culturas (Lopes et al., 2004). É também o nutriente absorvido em quantidades mais elevadas pela maior parte das culturas, especialmente as gramíneas, incluindo as pastagens. Entre as deficiências nutricionais que ocorrem nas culturas, a de nitrogênio é a mais frequente. Além disso, em condições adversas, principalmente as relacionadas ao teor de matéria orgânica, umidade e textura do solo, época e método de aplicação do fertilizante, o nitrogênio é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo. Em decorrência disso, a eficiência de sua utilização pelas plantas é baixa, de 50% a 60% (Kluthcouski et al., 2006).

Segundo Kluthcouski et al. (2006), tem sido habitual a recomendação do parcelamento da adubação nitrogenada, no intuito de aumentar sua eficiência ou para prevenir as possíveis perdas por volatilização e, sobretudo, por lixiviação. Por outro lado, são poucos os estudos sobre a época de maior demanda de nitrogênio pelas diferentes espécies vegetais, principalmente as de ciclo anual. São poucas também as informações sobre a relação entre o N x matéria orgânica x microrganismos x cultura precedente. A suplementação deste nutriente pode, então, estar sendo ministrada tardiamente, neste caso com a principal função de melhorar o nível proteico, e não da produtividade das espécies cultivadas, particularmente as graníferas.

Com a evolução na adoção do sistema plantio direto (SPD), assim como nas várzeas tropicais sob qualquer tipo de manejo do solo, é de se esperar um aumento gradativo no teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, da atividade microbiológica dos solos. Isso pode alterar não apenas o ciclo do nitrogênio no solo, tornando-o menos disponível para as plantas, em um determinado período, como também o fluxo de perdas (Kluthcouski et al., 2006).

Na prática, Kluthcouski et al. (2006) afirmam que são inúmeros os equívocos cometidos na aplicação de fertilizantes, especialmente no que diz respeito a doses, épocas e método de aplicação, notadamente em solos mais ricos em matéria orgânica, como no caso do SPD e de pastagens.

De acordo com Yamada & Abdalla (2000), o balanço do nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera é dado pela diferença entre ganhos e perdas no sistema. As perdas ocorrem por meio da remoção pelas culturas, erosão, volatilização, imobilização biológica e lixiviação. Ainda segundo esses autores, as principais perdas significativas ocorrem: (1) na forma de gases que são liberados para a atmosfera, ocasionados pela volatilização da amônia ( $\text{NH}_3^+$ ); (2) desnitrificação, resultado da redução dissimilatória realizada por bactérias originárias do solo capazes de reduzir nitrato em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e em gases nitrogenados ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ) e (3) por imobilização biológica, com a diminuição da disponibilidade de N na solução do solo, principalmente no SPD. Registram-se, ainda, as perdas por lixiviação, em especial do nitrato.

O nitrogênio, em função de suas transformações no solo, tem proporcionado resultados divergentes em relação à sua época de aplicação (Souza et al., 2001). Em função da sua grande mobilidade no solo, possibilitando perdas por lixiviação, é regra geral o parcelamento da adubação nitrogenada, aplicando-se uma pequena dose na semeadura e a quase totalidade em duas coberturas, realizadas aos 30 e 45 dias após a emergência das plantas (Yamada, 1996, citado por Souza et al., 2001).

Lopes et al. (1993) verificaram resposta positiva no rendimento de grãos, na estatura de plantas e no número de grãos por panícula, com o aumento das doses de nitrogênio aplicadas. Quanto à época de aplicação, verificou-se apenas uma tendência de melhores resultados quando todo adubo nitrogenado foi aplicado na fase de início do perfilhamento.

Perpétuo (1989) avaliou a época de aplicação do nitrogênio e seu efeito sobre a produtividade do arroz irrigado, considerando a sua influência nas características biométricas da planta e dos grãos. O autor concluiu que a época mais adequada de aplicação do nitrogênio foi metade da dose na semeadura, junto com P e K, e o restante no primórdio da panícula.

Estudando a resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, à adubação nitrogenada e às condições hídricas do solo, Stone & Silva (1998) observaram que a melhor dose de N para adubação do arroz de sequeiro, semeado a 50 cm entre linhas, foi de 40 kg/ha. Verificaram também que a adubação nitrogenada não mostrou resultados significativos em relação à produtividade e seus componentes; entre esses, apenas o número de panículas por m<sup>2</sup> foi afetado significativamente pela adubação, apresentando menor valor na ausência de N. Concluíram, assim, que o nitrogênio estimula o perfilhamento, aumentando o número de panículas por área.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no dia 12/12/2006, em um Latossolo Vermelho Escuro distroférico típico, textura média. O campo experimental situa-se a 21°14'30" de latitude sul, 45°00'10" de longitude oeste, altitude de 919 m. A precipitação média anual é de 1.411 mm e a temperatura média anual, 19,3°C.

Os resultados das análises química e física do solo da área encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 Resultados da análise química e física do solo na camada de 0-20 cm, onde foi conduzido o experimento<sup>(1)</sup>.

<b>pH</b>	<b>Al</b>	<b>H + Al</b>	<b>SB</b>	<b>t</b>	<b>T</b>	<b>V</b>	<b>m</b>	<b>M.O.</b>	<b>P rem</b>
6,6	0,0	1,2	4,4	4,4	5,6	78,6	0	1,6	32,9
<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>
17,9	42	3,3	1,0	10,3	3,1	8,6	88,4	35,4	0,3
<b>Areia</b>		<b>Silte</b>		<b>Argila</b>		<b>Classe textural</b>			
59		12		29		Textura média			

<sup>(1)</sup> Análises realizadas no Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. SB = soma de bases; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio.

### 3.2 Tratamentos

O experimento constituiu-se de 20 tratamentos, os quais foram agrupados por diferentes parcelamentos de nitrogênio, combinados com bioestimulante, pyraclostrobina e inibidor de nitrificação (Grupo I: tratamentos 1 a 5; Grupo II: tratamentos 6 a 10; Grupo III: tratamentos 11 a 15, e Grupo IV: tratamentos 16 a 20). As quantidades de fósforo (90 kg/ha de  $P_2O_5$ ) e potássio (48 kg/ha de  $K_2O$ ) no plantio foram constantes para todos os tratamentos, variando apenas a quantidade de nitrogênio, cuja dose total (plantio e cobertura) foi de 90 kg/ha. A relação das doses de N, os diferentes parcelamentos e as combinações com bioestimulante, pyraclostrobina e inibidor de nitrificação foram as seguintes:

1. 90 kg/ha no plantio.
2. 60 kg/ha no plantio + 30 kg/ha em cobertura, aos 30 dias após semeadura (DAS).
3. 45 kg/ha no plantio + 45 kg/ha em cobertura, aos 30 DAS.
4. 30 kg/ha no plantio + 60 kg/ha em cobertura, aos 30 DAS.
5. 30 kg/ha no plantio + 30 kg/ha, aos 30 DAS + 30 kg/ha, aos 50 DAS.
  
6. Trat. 1 + bioestimulante na semente
7. Trat. 2 + bioestimulante na semente
8. Trat. 3 + bioestimulante na semente
9. Trat. 4 + bioestimulante na semente
10. Trat. 5 + bioestimulante na semente

11. Trat. 1 + pyraclostrobina em aplicação via foliar
12. Trat. 2 + pyraclostrobina em aplicação via foliar
13. Trat. 3 + pyraclostrobina em aplicação via foliar
14. Trat. 4 + pyraclostrobina em aplicação via foliar
15. Trat. 5 + pyraclostrobina em aplicação via foliar
  
16. Trat. 1 (N da fórmula complementado com Entec 26<sup>®</sup>)
17. Trat. 2 (N da fórmula complementado com Entec 26<sup>®</sup>, no plantio)
18. Trat. 3 (N da fórmula complementado com Entec 26<sup>®</sup>, no plantio)
19. Trat. 4 (N da fórmula complementado com Entec 26<sup>®</sup>, no plantio)
20. Trat. 5 (N da fórmula complementado com Entec 26<sup>®</sup>, no plantio)

Os tratamentos de 1 a 5 foram considerados como testemunhas para se testar os efeitos do bioestimulante, da pyraclostrobina e do inibidor de nitrificação.

### **3.3 Preparo dos fertilizantes**

No plantio, foi aplicada, para todos os tratamentos, uma adubação básica de 300 kg/ha da fórmula 4-30-16 de formulado NPK. Portanto, foram 12 kg/ha de N para todos os tratamentos, oriundos da fórmula, que foram complementados para 90, 60, 45 e 30 kg/ha, conforme o tratamento. Essa complementação foi feita, inicialmente, com sulfato de amônio para balancear o enxofre do Entec 26<sup>®</sup>, que tem 26% de N e 13% de S. O nitrogênio restante foi suplementado com ureia, até que se atingiu a dose desejada (tratamentos 1 a 15). Os tratamentos 16 a 20 foram complementados apenas com o fertilizante nitrogenado Entec 26<sup>®</sup>.

Em cobertura foi aplicado o sulfato de amônio, como fonte de N, para todos os tratamentos.

Nos tratamentos de 6 a 10, as sementes de arroz foram tratadas um dia antes da semeadura, utilizando-se o bioestimulante Nitrofoska Top<sup>®</sup> com a dose de 200 ml/ha do produto comercial ou 5 ml/1,25 kg de semente. O bioestimulante foi utilizado com o objetivo de suplementar a possível “deficiência” dos hormônios auxina, citocinina e giberelina, ocasionado pela falta de N-amoniacoal ( $\text{NH}_4^+$ ), devido à baixa atividade de redutase do nitrato.

Nos tratamentos de 11 a 15, foi utilizado o produto de nome comercial Comet<sup>®</sup>, que contém como ingrediente ativo a pyraclostrobina, que aumenta a eficiência da atividade da redutase do nitrato. O Comet<sup>®</sup> foi pulverizado nas folhas aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura do arroz. A dose utilizada foi de 0,25 L/ha.

### **3.4 Delineamento experimental e instalação do experimento**

O experimento foi implantado sob o sistema plantio direto, com delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de cinco linhas de 5 m cada, com espaçamento de 40 cm entre linhas e densidade de semeadura de 80 sementes viáveis por metro. A área total de cada parcela foi de 10,00 m<sup>2</sup>, tendo a área útil de cada parcela (4,80 m<sup>2</sup>) sido constituída das três linhas centrais, deixando-se 0,50 m em cada extremidade, como bordadura. As sementes utilizadas no experimento foram da cultivar BRSMG Caravera, tendo como principais características: arquitetura moderna, resistência ao acamamento, ciclo de maturação semiprecoce (113 dias), moderada resistência às principais doenças, à exceção da brusone da panícula que é moderadamente susceptível e alto potencial produtivo. As

sementes foram tratadas previamente com um fungicida tiodicarbe, na dose de 1,5 L/ 100 kg de semente.

### **3.5 Tratos culturais**

Antes da semeadura, foi realizada uma aplicação de glifosato (3 L/ha) na área total do experimento, para dessecação das plantas existentes no local. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de herbicidas pós-emergentes, ou seja, Aura<sup>®</sup> (0,7 L/ha) para folhas estreitas e Ally<sup>®</sup> (4 g/ha) para folhas largas, além de complementação com capina manual.

Procedeu-se a colheita quando os grãos atingiram a umidade de 20%-23%.

### **3.6 Características avaliadas**

As características avaliadas foram:

**a)** altura de planta: distância média, em cm, do solo até a extremidade da panícula do colmo mais alto, obtida de dez plantas tomadas ao acaso;

**b)** n° de panículas/m<sup>2</sup>: determinado pela contagem das panículas em duas amostras de 1m de fileira, tomadas ao acaso na área útil da parcela;

**c)** produtividade de grãos: determinada com base no peso de grãos da área útil da parcela, após secagem.

### **3.7 Análise estatística**

Para o estudo do efeito do bioestimulante, da pyraclostrobina e do inibidor de nitrificação sobre as características avaliadas, foi realizada a análise de variância, considerando as médias dos 20 tratamentos. Foi aplicado o teste de

Scheffè, comparando-se o efeito do bioestimulante, da pyraclostrobina e do inibidor de nitrificação entre e dentro de grupos de interesse prático e entre tratamentos considerados de interesse prático. As análises foram feitas utilizando-se o software SISVAR (Ferreira, 2000).

As análises realizadas pelo teste de Scheffè foram feitas por meio da comparação por contrastes dos seguintes tratamentos:

Contraste 1 – (1 2 3 4 5) vs (6 7 8 9 10)	Contraste 22 – 1 vs 2
Contraste 2 – (1 2 3 4 5) vs (11 12 13 14 15)	Contraste 23 – 1 vs 3
Contraste 3 – (1 2 3 4 5) vs (16 17 18 19 20)	Contraste 24 – 1 vs 4
Contraste 4 – (6 7 8 9 10) vs (11 12 13 14 15)	Contraste 25 – 1 vs 5
Contraste 5 – (6 7 8 9 10) vs (16 17 18 19 20)	Contraste 26 – 2 vs 3
Contraste 6 – (11 12 13 14 15) vs (16 17 18 19 20)	Contraste 27 – 2 vs 4
Contraste 7 – 1 vs 6	Contraste 28 – 2 vs 5
Contraste 8 – 1 vs 11	Contraste 29 – 3 vs 4
Contraste 9 – 1 vs 16	Contraste 30 – 3 vs 5
Contraste 10 – 2 vs 7	Contraste 31 – 4 vs 5
Contraste 11 – 2 vs 12	Contraste 32 – 6 vs 7
Contraste 12 – 2 vs 17	Contraste 33 – 6 vs 8
Contraste 13 – 3 vs 8	Contraste 34 – 6 vs 9
Contraste 14 – 3 vs 13	Contraste 35 – 6 vs 10
Contraste 15 – 3 vs 18	Contraste 36 – 7 vs 8
Contraste 16 – 4 vs 9	Contraste 37 – 7 vs 9
Contraste 17 – 4 vs 14	Contraste 38 – 7 vs 10
Contraste 18 – 4 vs 19	Contraste 39 – 8 vs 9
Contraste 19 – 5 vs 10	Contraste 40 – 8 vs 10
Contraste 20 – 5 vs 15	Contraste 41 – 9 vs 10
Contraste 21 – 5 vs 20	Contraste 42 – 11 vs 12

Contraste 43 – 11 vs 13	Contraste 58 – 17 vs 20
Contraste 44 – 11 vs 14	Contraste 59 – 18 vs 19
Contraste 45 – 11 vs 15	Contraste 60 – 18 vs 20
Contraste 46 – 12 vs 13	Contraste 61 – 19 vs 20
Contraste 47 – 12 vs 14	Contraste 62 – (1 6 11 16) vs (2 7 12 17)
Contraste 48 – 12 vs 15	Contraste 63 – (1 6 11 16) vs (3 8 13 18)
Contraste 49 – 13 vs 14	Contraste 64 – (1 6 11 16) vs (4 9 14 19)
Contraste 50 – 13 vs 15	Contraste 65 – (1 6 11 16) vs (5 10 15 20)
Contraste 51 – 14 vs 15	Contraste 66 – (2 7 12 17) vs (3 8 13 18)
Contraste 52 – 16 vs 17	Contraste 67 – (2 7 12 17) vs (4 9 14 19)
Contraste 53 – 16 vs 18	Contraste 68 – (2 7 12 17) vs (5 10 15 20)
Contraste 54 – 16 vs 19	Contraste 69 – (3 8 13 18) vs (4 9 14 19)
Contraste 55 – 16 vs 20	Contraste 70 – (3 8 13 18) vs (5 10 15 20)
Contraste 56 – 17 vs 18	Contraste 71 – (4 9 14 19) vs (5 10 15 20)
Contraste 57 – 17 vs 19	

Para o estudo do efeito do parcelamento do nitrogênio sobre as características avaliadas, obteve-se a média de cada um dos cinco parcelamentos, isolados e com a presença do bioestimulante, da pyraclostrobina e do inibidor da nitrificação. Assim, cada parcelamento, originou-se de 16 médias (4 grupos e 4 repetições). Procedeu-se a análise de variância, envolvendo os cinco parcelamentos e os quatro grupos como repetições. Para discriminação das médias, aplicou-se o teste de médias de Scott-Knott e o software utilizado foi o SISVAR (Ferreira, 2000).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Efeito do bioestimulante, pyraclostrobina e inibidor de nitrificação sobre a produtividade de grãos

O resultado da análise de variância referente ao efeito dos parcelamentos de nitrogênio, do bioestimulante, da pyraclostrobina e do inibidor de nitrificação sobre a produtividade de grãos, considerando os vinte tratamentos, é apresentado na Tabela 2. Observando-se os dados da tabela, verifica-se que tanto os efeitos de tratamentos quanto os de blocos foram significativos, indicando que, entre os tratamentos, pelo menos um diferiu de um ou mais tratamentos. O experimento apresentou um CV = 15,96%, sugerindo uma boa precisão experimental, em se tratando de experimento no campo.

TABELA 2 Análise de variância para o efeito de parcelamento de nitrogênio, de bioestimulante, de pyraclostrobina e de inibidor de nitrificação sobre a produtividade de grãos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	19	13401043,237500	705318,065132	3,941**	0,0000
BLOCO	3	17888745,237500	5962915,079167	33,321**	0,0000
ERRO	57	10200324,012500	178953,052851		
Total	79	41490112,487500			

CV = 15,96%

Os efeitos do parcelamento de N, do bioestimulante, da pyraclostrobina e do inibidor de nitrificação sobre a produtividade de grãos foram comparados por meio de contrastes. Para que haja diferença entre os contrastes estudados, o valor de Y em módulo deve ser maior que o valor de S, ou seja, se  $|Y| > S$ , o tratamento foi significativo. Os resultados dos 71 contrastes estudados são mostrados na Tabela 3.

Como se observa na Tabela 3, de todos os contrastes testados, apenas o contraste 65 (1, 6, 11, 16 vs 5, 10, 15, 20) foi significativo, pelo teste de Scheffè ( $p < 0,05$ ). Esse contraste, na verdade, refere-se ao efeito do parcelamento de N, que, quando foi aplicado em três vezes, foi superior à dose única no plantio.

Portanto, tanto o bioestimulante, quanto a pyraclostrobina e o inibidor da nitrificação não produziram qualquer efeito sobre a produtividade de grãos.

Com relação ao bioestimulante, resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira et al. (2007) que, utilizando uma dose de  $15 \text{ mL kg}^{-1}$  de sementes do bioestimulante Stimulate<sup>®</sup>, maior do que a dose utilizada neste trabalho, não encontraram diferenças na produtividade de milho quando comparado com a testemunha.

Da mesma forma, Ataíde et al. (2006), estudando os efeitos de três doses ( $2,08 \text{ mL L}^{-1}$ ,  $4,17 \text{ mL L}^{-1}$  e  $6,25 \text{ mL L}^{-1}$  de água) do bioestimulante Stimulate<sup>®</sup> sobre a produtividade do maracujazeiro-amarelo, também não alcançaram resultados positivos a cerca do produto.

TABELA 3 Resultado do efeito dos parcelamentos de nitrogênio, de bioestimulante, da pyraclostrobina e de inibidor de nitrificação sobre a produtividade de grãos, avaliado por meio de contrastes, comparando-se os diferentes tratamentos e grupos de tratamentos.

Contraste	Valor de Y e S	Contraste	Valor de Y e S	Contraste	Valor de Y e S
1	Y = -27.15000000 S = 776.20204058	25	Y = -1415.75000000 S = 1735.6405270	49	Y = -12.50000000 S = 1735.6405270
2	Y = -14.30000000 S = 776.20204058	26	Y = -45.75000000 S = 1735.6405270	50	Y = -197.00000000 S = 1735.6405270
3	Y = -82.00000000 S = 776.20204058	27	Y = -38.25000000 S = 1735.6405270	51	Y = -184.50000000 S = 1735.6405270
4	Y = 12.85000000 S = 776.20204058	28	Y = -947.75000000 S = 1735.6405270	52	Y = -750.50000000 S = 1735.6405270
5	Y = -54.85000000 S = 776.20204058	29	Y = 7.50000000 S = 1735.6405270	53	Y = -768.75000000 S = 1735.6405270
6	Y = -67.70000000 S = 776.20204058	30	Y = -902.00000000 S = 1735.6405270	54	Y = -771.75000000 S = 1735.6405270
7	Y = -248.75000000 S = 1735.6405270	31	Y = -909.50000000 S = 1735.6405270	55	Y = -1300.25000000 S = 1735.6405270
8	Y = 135.75000000 S = 1735.6405270	32	Y = -38.50000000 S = 1735.6405270	56	Y = -18.25000000 S = 1735.6405270
9	Y = 55.50000000 S = 1735.6405270	33	Y = -337.25000000 S = 1735.6405270	57	Y = -21.25000000 S = 1735.6405270
10	Y = 180.75000000 S = 1735.6405270	34	Y = -421.25000000 S = 1735.6405270	58	Y = -549.75000000 S = 1735.6405270
11	Y = -71.75000000 S = 1735.6405270	35	Y = -998.75000000 S = 1735.6405270	59	Y = -3.00000000 S = 1735.6405270
12	Y = -227.00000000 S = 1735.6405270	36	Y = -298.75000000 S = 1735.6405270	60	Y = -531.50000000 S = 1735.6405270
13	Y = -72.25000000 S = 1735.6405270	37	Y = -382.75000000 S = 1735.6405270	61	Y = -528.50000000 S = 1735.6405270
14	Y = -273.50000000 S = 1735.6405270	38	Y = -960.25000000 S = 1735.6405270	62	Y = -483.12500000 S = 867.82026351
15	Y = -199.50000000 S = 1735.6405270	39	Y = -84.00000000 S = 1735.6405270	63	Y = -635.68750000 S = 867.82026351
16	Y = -163.75000000 S = 1735.6405270	40	Y = -661.50000000 S = 1735.6405270	64	Y = -658.68750000 S = 867.82026351
17	Y = -293.50000000 S = 1735.6405270	41	Y = -577.50000000 S = 1735.6405270	65	Y = -1208.68750000 S = 867.82026351
18	Y = -210.00000000 S = 1735.6405270	42	Y = -675.50000000 S = 1735.6405270	66	Y = -152.56250000 S = 867.82026351
19	Y = 168.25000000 S = 1735.6405270	43	Y = -923.00000000 S = 1735.6405270	67	Y = -175.56250000 S = 867.82026351
20	Y = 431.50000000 S = 1735.6405270	44	Y = -935.50000000 S = 1735.6405270	68	Y = -725.56250000 S = 867.82026351
21	Y = 171.00000000 S = 1735.6405270	45	Y = -1120.00000000 S = 1735.6405270	69	Y = -23.00000000 S = 867.82026351
22	Y = -468.00000000 S = 1735.6405270	46	Y = -247.50000000 S = 1735.6405270	70	Y = -573.00000000 S = 867.82026351
23	Y = -513.75000000 S = 1735.6405270	47	Y = -260.00000000 S = 1735.6405270	71	Y = -550.00000000 S = 867.82026351
24	Y = -506.25000000 S = 1735.6405270	48	Y = -444.50000000 S = 1735.6405270		

Quanto ao efeito da pyraclostrobina, Basf (2007) obteve resultados positivos para aumentar a produção. Utilizando o produto de nome comercial Ópera<sup>®</sup>, que contém pyraclostrobina, em plantas de milho do híbrido Waxy, na concentração de 0,7 L/ha, observou-se um aumento na produção de 16% em relação à testemunha. Quando o produto foi utilizado na cultura da soja no cerrado, fazendo duas aplicações, o autor observou um aumento de 54,93% em relação à testemunha.

Essa diferença encontrada entre os resultados entre o presente trabalho e os realizados por Basf (2007) pode estar relacionada ao uso do produto Ópera<sup>®</sup>, que contém além da pyraclostrobina, o ingrediente epoxiconazole e também devido ao uso de diferentes espécies, aos tratos culturais e ao manejo do solo.

Dallagnol et al. (2006) encontraram também aumento na produtividade de arroz irrigado, cultivar SCS 112, de até 42%, quando realizada aplicação de pyraclostrobina e epoxiconazole. Nesse caso e no anterior, o efeito fungicida do epoxiconazole pode ser o responsável pelo ganho de produtividade.

A utilização do fertilizante inibidor de nitrificação também não influenciou a produtividade de grãos. Silva et al. (2008) também não encontraram efeito significativo do fertilizante sobre a produtividade do trigo em sistema plantio direto. Já Kolota & Adamczewska-Sowinska (2008) obtiveram aumento na produção de cabeças de repolho utilizando o Entec 26<sup>®</sup>. Pasda et al. (2001), estudando o efeito do fertilizante inibidor da nitrificação sobre diversas culturas, também encontraram aumento na produtividade de trigo de inverno, arroz inundado, milho, batata e beterraba, entre outros. Os autores afirmam, ainda, que o efeito em algumas culturas foi mais pronunciado em locais de alta taxa de precipitação ou irrigação intensa, e/ou em solos pouco arenosos.

Essa diferença entre os resultados encontrados no presente trabalho e os demais trabalhos discutidos pode ser explicada pelo fato de que, nos outros

trabalhos relatados, foi utilizado o adubo nitrogenado com inibidor da nitrificação tanto no plantio como em cobertura (uma ou duas coberturas).

#### 4.2 Efeito do bioestimulante, pyraclostrobina e inibidor de nitrificação sobre a altura de plantas

O resultado da análise de variância referente ao efeito dos parcelamentos de nitrogênio, do bioestimulante, da pyraclostrobina e do inibidor de nitrificação sobre a altura de plantas, considerando os vinte tratamentos é relatado na Tabela 4. Observando-se os dados da referida tabela, verifica-se que houve efeitos significativos tanto para os tratamentos quanto para blocos. O experimento apresentou um CV = 5,30%, indicando boa precisão na condução do experimento no campo.

TABELA 4 Análise de variância para o efeito de parcelamento de nitrogênio, de bioestimulante, de pyraclostrobina e de inibidor de nitrificação sobre a altura de plantas.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	19	522,237500	27,486184	2,089*	0,0169
BLOCO	3	643,837500	214,612500	16,312**	0,0000
ERRO	57	749,912500	13,156360		
Total	79	1915,987500			

CV = 5,30%

Em razão de o efeito de tratamentos ter sido significativo, e no intuito de identificar quais médias diferiram entre si, aplicou-se o teste de Scheffè ( $p < 0,05$ ) aos 71 contrastes de interesse.

Os dados sobre o efeito dos parcelamentos de nitrogênio, do bioestimulante, da pyraclostrobina e do inibidor de nitrificação sobre a altura de plantas para todos os 71 contrastes avaliados são mostrados na Tabela 5. Observa-se, pelos dados da tabela, que nenhum dos três produtos interferiu na altura das plantas, contrariando todas as expectativas, pois era esperado algum efeito desses produtos sobre o desenvolvimento das plantas. Também não ocorreu diferença estatística (Scheffè,  $p < 0,05$ ) entre parcelamentos dentro de grupos.

Ferreira et al. (2007), estudando o efeito de bioestimulante, na dose de 15 mL/kg de semente, sobre a qualidade fisiológica de sementes e aspectos produtivos de milho, encontraram diferenças significativas na altura de plantas e de espiga quando as sementes foram tratadas em pré-semeadura.

A diferença entre os resultados obtidos por Ferreira et al. (2007) e os do presente trabalho pode estar na dose utilizada, além do fato de serem diferentes culturas; no primeiro, foi utilizada dose três vezes maior do que neste trabalho. Pode-se constatar que o bioestimulante favoreceu apenas o desenvolvimento inicial das plantas, pois, no mesmo trabalho, Ferreira et al. (2007) não encontraram diferenças na produtividade de grãos em relação à testemunha.

Silva et al. (2008) afirmam que a altura de plantas foi influenciada pelos tratamentos em que se usou uréia ou adubo nitrogenado com inibidor da nitrificação, exclusivamente, e que os maiores valores obtidos foram com uso de uréia.

TABELA 5 Resultado do efeito dos parcelamentos de nitrogênio, de bioestimulante, da pyraclostrobina e de inibidor de nitrificação sobre a altura de plantas, avaliadas por meio de contrastes, comparando-se os diferentes tratamentos ou grupos de tratamentos.

Contraste	Valor de Y e S	Contraste	Valor de Y e S	Contraste	Valor de Y e S
1	Y = -0.60000000 S = 6.65538361	25	Y = -7.00000000 S = 14.88189017	49	Y = -2.00000000 S = 14.88189017
2	Y = -3.35000000 S = 6.65538361	26	Y = -1.25000000 S = 14.88189017	50	Y = -4.00000000 S = 14.88189017
3	Y = 0.80000000 S = 6.65538361	27	Y = -1.25000000 S = 14.88189017	51	Y = -2.00000000 S = 14.88189017
4	Y = -2.75000000 S = 6.65538361	28	Y = -4.00000000 S = 14.88189017	52	Y = -4.00000000 S = 14.88189017
5	Y = 1.40000000 S = 6.65538361	29	Y = 0.00000000 S = 14.88189017	53	Y = -1.50000000 S = 14.88189017
6	Y = 4.15000000 S = 6.65538361	30	Y = -2.75000000 S = 14.88189017	54	Y = -1.25000000 S = 14.88189017
7	Y = -3.50000000 S = 14.88189017	31	Y = -2.75000000 S = 14.88189017	55	Y = -7.75000000 S = 14.88189017
8	Y = -8.00000000 S = 14.88189017	32	Y = 1.25000000 S = 14.88189017	56	Y = 2.50000000 S = 14.88189017
9	Y = 0.00000000 S = 14.88189017	33	Y = -1.75000000 S = 14.88189017	57	Y = 2.75000000 S = 14.88189017
10	Y = 0.75000000 S = 14.88189017	34	Y = -2.25000000 S = 14.88189017	58	Y = -3.75000000 S = 14.88189017
11	Y = -4.75000000 S = 14.88189017	35	Y = -1.25000000 S = 14.88189017	59	Y = 0.25000000 S = 14.88189017
12	Y = -1.00000000 S = 14.88189017	36	Y = -3.00000000 S = 14.88189017	60	Y = -6.25000000 S = 14.88189017
13	Y = -1.00000000 S = 14.88189017	37	Y = -3.50000000 S = 14.88189017	61	Y = -6.50000000 S = 14.88189017
14	Y = -0.25000000 S = 14.88189017	38	Y = -2.50000000 S = 14.88189017	62	Y = -1.37500000 S = 7.44094508
15	Y = 2.75000000 S = 14.88189017	39	Y = -0.50000000 S = 14.88189017	63	Y = -1.00000000 S = 7.44094508
16	Y = 1.50000000 S = 14.88189017	40	Y = 0.50000000 S = 14.88189017	64	Y = -1.06250000 S = 7.44094508
17	Y = -2.25000000 S = 14.88189017	41	Y = 1.00000000 S = 14.88189017	65	Y = -4.12500000 S = 7.44094508
18	Y = 3.00000000 S = 14.88189017	42	Y = 0.25000000 S = 14.88189017	66	Y = 0.37500000 S = 7.44094508
19	Y = 2.25000000 S = 14.88189017	43	Y = 3.50000000 S = 14.88189017	67	Y = -0.18750000 S = 7.44094508
20	Y = -1.50000000 S = 14.88189017	44	Y = 1.50000000 S = 14.88189017	68	Y = -2.75000000 S = 7.44094508
21	Y = -0.75000000 S = 14.88189017	45	Y = -0.50000000 S = 14.88189017	69	Y = -0.56250000 S = 7.44094508
22	Y = -3.00000000 S = 14.88189017	46	Y = 3.25000000 S = 14.88189017	70	Y = -3.12500000 S = 7.44094508
23	Y = -4.25000000 S = 14.88189017	47	Y = 1.25000000 S = 14.88189017	71	Y = -2.56250000 S = 7.44094508
24	Y = -4.25000000 S = 14.88189017	48	Y = -0.75000000 S = 14.88189017		

### 4.3 Efeito do bioestimulante, pyraclostrobina e inibidor de nitrificação sobre o número de panículas por m<sup>2</sup>

O resultado da análise de variância referente ao efeito dos parcelamentos de nitrogênio, do bioestimulante, da pyraclostrobina e do inibidor de nitrificação sobre o número de panículas por m<sup>2</sup>, considerando os vinte tratamentos, é mostrado na Tabela 6. Observando-se os dados da referida tabela, verifica-se que houve efeitos significativos para os tratamentos, indicando que ao menos um dos tratamentos diferiu de outro(s). O coeficiente de variação apresentou o valor de 16,10%, indicando boa precisão na condução do experimento no campo.

TABELA 6 Análise de variância para o efeito de parcelamento de nitrogênio, de bioestimulante, de pyraclostrobina e de inibidor de nitrificação sobre o número de panículas por m<sup>2</sup>.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	19	62675,200000	3298,694737	2,447**	0,0049
BLOCO	3	78620,100000	26206,700000	19,443**	0,0000
ERRO	57	76829,900000	1347,892982		
Total	79	218125,200000			

CV = 16,10%

Como houve efeito significativo para tratamentos, ou seja, existe diferença significativa entre tratamentos, os contrastes de interesse foram submetidos ao teste de Scheffê para se detectar tais diferenças.

Os resultados dos contrastes para avaliação do número de panículas por m<sup>2</sup> são mostrados na Tabela 7. Pode-se observar, pelos dados da tabela, que tanto o bioestimulante quanto a pyraclostrobina e o inibidor de nitrificação não influenciaram o número de panículas por m<sup>2</sup>, à exceção do Contraste 65, que se refere ao parcelamento do N. Quando a aplicação de N foi parcelada em três

vezes, este tratamento foi superior ao tratamento em que foi aplicada dose única no plantio. Este resultado está de acordo com o encontrado para produtividade de grãos, em que o Contrate 65 também foi significativo (Tabela 3), ou seja, o número de panículas por m<sup>2</sup> correlacionou-se diretamente com a produtividade de grãos, o que será mais bem discutido nos itens seguintes.

O fato de não ter sido encontrado nenhum efeito do bioestimulante, da pyraclostrobina e de inibidor da nitrificação sobre o número de panículas por m<sup>2</sup> já era esperado, uma vez que o número de panículas por m<sup>2</sup> é um dos componentes da produção de grãos, com grande influência na produtividade. Como os produtos não afetaram a produtividade de grãos, essa característica, provavelmente, também não seria afetada.

Diferentemente dos resultados encontrados neste trabalho, o número de panículas por m<sup>2</sup> na cultura do trigo foi influenciado positivamente pelo uso de inibidor de nitrificação em experimento realizado por Pasda et al. (2001). Mas, vale ressaltar que os autores utilizaram o nitrogênio com inibidor de nitrificação como fonte exclusiva no trabalho, tanto no plantio quanto em cobertura. Outro aspecto do referido trabalho que diferiu deste foi a dose do adubo nitrogenado, tendo os autores utilizado 180 kg/ha de N, aplicado todo no plantio ou parcelado em duas aplicações.

TABELA 7 Resultado do efeito dos parcelamentos de nitrogênio, de bioestimulante, da pyraclostrobina e de inibidor de nitrificação sobre o número de panículas por m<sup>2</sup>, avaliadas por meio de contrastes, comparando-se os diferentes tratamentos ou grupos de tratamentos.

Contraste	Valor de Y e S	Contraste	Valor de Y e S	Contraste	Valor de Y e S
1	Y = -5.95000000 S = 67.36478537	25	Y = -84.25000000 S = 150.63223938	49	Y = -22.00000000 S = 150.63223938
2	Y = -2.15000000 S = 67.36478537	26	Y = -7.25000000 S = 150.63223938	50	Y = -35.75000000 S = 150.63223938
3	Y = -5.70000000 S = 67.36478537	27	Y = 18.50000000 S = 150.63223938	51	Y = -13.75000000 S = 150.63223938
4	Y = 3.80000000 S = 67.36478537	28	Y = -52.50000000 S = 150.63223938	52	Y = -38.75000000 S = 150.63223938
5	Y = 0.25000000 S = 67.36478537	29	Y = 25.75000000 S = 150.63223938	53	Y = -17.75000000 S = 150.63223938
6	Y = -3.55000000 S = 67.36478537	30	Y = -45.25000000 S = 150.63223938	54	Y = -24.75000000 S = 150.63223938
7	Y = -32.00000000 S = 150.63223938	31	Y = -71.00000000 S = 150.63223938	55	Y = -83.00000000 S = 150.63223938
8	Y = 17.25000000 S = 150.63223938	32	Y = 16.75000000 S = 150.63223938	56	Y = 21.00000000 S = 150.63223938
9	Y = -6.50000000 S = 150.63223938	33	Y = 4.50000000 S = 150.63223938	57	Y = 14.00000000 S = 150.63223938
10	Y = 16.50000000 S = 150.63223938	34	Y = -12.50000000 S = 150.63223938	58	Y = -44.25000000 S = 150.63223938
11	Y = 9.50000000 S = 150.63223938	35	Y = -46.75000000 S = 150.63223938	59	Y = -7.00000000 S = 150.63223938
12	Y = -13.50000000 S = 150.63223938	36	Y = -12.25000000 S = 150.63223938	60	Y = -65.25000000 S = 150.63223938
13	Y = 11.50000000 S = 150.63223938	37	Y = -29.25000000 S = 150.63223938	61	Y = -58.25000000 S = 150.63223938
14	Y = 0.25000000 S = 150.63223938	38	Y = -63.50000000 S = 150.63223938	62	Y = -23.31250000 S = 75.31611969
15	Y = 14.75000000 S = 150.63223938	39	Y = -17.00000000 S = 150.63223938	63	Y = -27.06250000 S = 75.31611969
16	Y = -31.25000000 S = 150.63223938	40	Y = -51.25000000 S = 150.63223938	64	Y = -32.12500000 S = 75.31611969
17	Y = -47.50000000 S = 150.63223938	41	Y = -34.25000000 S = 150.63223938	65	Y = -76.43750000 S = 75.31611969
18	Y = -18.00000000 S = 150.63223938	42	Y = -39.50000000 S = 150.63223938	66	Y = -3.75000000 S = 75.31611969
19	Y = 5.50000000 S = 150.63223938	43	Y = -56.00000000 S = 150.63223938	67	Y = -8.81250000 S = 75.31611969
20	Y = 9.75000000 S = 150.63223938	44	Y = -78.00000000 S = 150.63223938	68	Y = -53.12500000 S = 75.31611969
21	Y = -5.25000000 S = 150.63223938	45	Y = -91.75000000 S = 150.63223938	69	Y = -5.06250000 S = 75.31611969
22	Y = -31.75000000 S = 150.63223938	46	Y = -16.50000000 S = 150.63223938	70	Y = -49.37500000 S = 75.31611969
23	Y = -39.00000000 S = 150.63223938	47	Y = -38.50000000 S = 150.63223938	71	Y = -44.31250000 S = 75.31611969
24	Y = -13.25000000 S = 150.63223938	48	Y = -52.25000000 S = 150.63223938		

#### 4.4 Efeito do parcelamento de nitrogênio sobre as médias de produtividade de grãos

Como o teste de Scheffè é extremamente rigoroso e como apenas um dos contrastes testados (Contraste 65) foi estatisticamente significativo por esse teste, realizou-se outra análise estatística, considerando as médias dos cinco parcelamentos de N, envolvendo os quatro grupos.

O resultado da análise de variância referente ao efeito dos cinco parcelamentos do nitrogênio sobre a produtividade de grãos, considerando as médias dos quatro grupos (testemunha, com bioestimulante, com pyraclostrobina e com inibidor da nitrificação), é relatado na Tabela 8. Observando-se os dados da referida tabela, verifica-se que houve efeitos significativos, tanto para os tratamentos quanto para blocos, ou seja, houve diferença entre os parcelamentos. O experimento apresentou um CV = 13,33%, indicando boa precisão experimental.

TABELA 8 Análise de variância para o efeito de parcelamento de nitrogênio sobre as médias de produtividade de grãos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	11981438,425000	2995359,606250	23,989**	0,0000
BLOCO	15	22016964,487500	1467797,632500	11,755**	0,0000
ERRO	60	7491709,575000	124861,826250		
Total	79	41490112,487500			

CV = 13,33%

Em virtude de o efeito de tratamentos ter sido significativo, pelo menos uma das médias diferiu estatisticamente de outra(s). Para identificar quais médias diferiram, aplicou-se o teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) às cinco médias de produtividade de grãos, cujos resultados são apresentados na Tabela 9.

Observando-se os dados das produtividades médias de grãos (Tabela 9), pode-se constatar que, quando foram realizados três parcelamentos (tratamentos 5, 10, 15 e 20), obteve-se a maior produtividade. Vale ressaltar que o parcelamento dividido em três épocas foi o único a ultrapassar os 3.000 kg/ha, mostrando, assim, a importância dessa prática na cultura do arroz de terras altas para a obtenção de altas produtividades.

O parcelamento da adubação nitrogenada em três vezes proporcionou um ganho de produção de 58,89% em relação a todo N aplicado no plantio e um ganho médio de 23,30% em relação aos tratamentos em que a adubação nitrogenada foi parcelada em duas vezes.

TABELA 9 Médias de produtividade de grãos (kg/ha), em função dos diferentes parcelamentos da adubação nitrogenada<sup>1</sup>.

<b>Parcelamentos de nitrogênio</b>	<b>Médias</b>
90 kg/ha no plantio (1, 6, 11 e 16)	2053 c
60 kg/ha no plantio + 30 kg/ha aos 30 DAS (2, 7, 12 e 17)	2536 b
45 kg/ha no plantio + 45 kg/ha aos 30 DAS (3, 8, 13 e 18)	2689 b
30 kg/ha no plantio + 60 kg/ha aos 30 DAS (4, 9, 14 e 19)	2712 b
30 kg/ha no plantio + 30 kg/ha, aos 30 DAS + 30 kg/ha, aos 50 DAS (5, 10, 15 e 20)	3262 a

<sup>1</sup>As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Os tratamentos que receberam adubação nitrogenada parcelada em duas vezes, por sua vez, apresentaram médias de produtividade iguais entre si e superiores aos tratamentos que receberam todo o nitrogênio no plantio. Pode-se observar que, à medida que aumentaram as doses de N em cobertura (dois parcelamentos), em detrimento da concentração do N no plantio, a produtividade de grãos tendeu a aumentar nominalmente. Esse resultado sugere que, ao se realizar a adubação nitrogenada parcelada em duas vezes, a maior dose deve ser

aplicada em cobertura, forma pela qual o N é mais bem aproveitado pelas plantas de arroz.

Devido às características do solo em que foi instalado o experimento, que tem comportamento semelhante ao de um solo arenoso (Tabela 1), a chuva lixivia muito o nitrogênio. Isso faz com que boa parte do N aplicado na sementeira seja perdida para as camadas mais profundas do solo e, assim, que haja resposta ao parcelamento. Todavia, em solos mais argilosos ou com maior teor de matéria orgânica e de lixiviação mais lenta, a resposta ao parcelamento pode ser diferente da obtida neste trabalho.

Resultados semelhantes foram obtidos por Neves et al. (2004) e Hernandes et al. (2006), entretanto Coelho (1976) e Sá et al. (1994) não obtiveram resposta da cultura à aplicação do N. Essa diferença pode ser explicada pelas diferentes cultivares utilizadas, o clima e o solo ou o tipo de manejo da cultura (Fageria & Wilcox, 1977).

Segundo Souza et al. (2001), é regra geral o parcelamento da adubação nitrogenada, aplicando-se uma pequena dose na sementeira e a quase totalidade em duas coberturas, realizadas aos 30 e 45 dias após a emergência das plantas, corroborando os resultados e a metodologia aplicada no presente trabalho.

#### **4.5 Efeito do parcelamento de nitrogênio sobre as médias de altura de plantas**

O resultado da análise de variância referente ao efeito dos cinco parcelamentos do nitrogênio sobre a altura de plantas, considerando as médias dos quatro grupos (testemunha, com bioestimulante, com pyraclostrobina e com inibidor da nitrificação), é apresentado na Tabela 10. Observa-se, pelos dados desta Tabela, que tanto os efeitos de tratamentos quanto de blocos foram significativos.

O coeficiente de variação dessa característica (CV = 5,05%) indica alta precisão experimental.

TABELA 10 Análise de variância para o efeito de parcelamento de nitrogênio sobre as médias de altura de plantas.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	149,550000	37,387500	3,122*	0,0212
BLOCO	15	1047,987500	69,865833	5,835**	0,0000
ERRO	60	718,450000	11,974167		
Total	79	1915,987500			

CV = 5,05%

Em razão de o efeito de tratamentos ter sido significativo, aplicou-se o teste de médias de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), para identificar quais médias diferiram entre si. Os resultados do efeito do parcelamento do nitrogênio sobre as médias de altura de plantas são apresentados na Tabela 11.

TABELA 11 Médias de altura de plantas (cm) em função dos diferentes parcelamentos da adubação nitrogenada<sup>1</sup>.

<b>Parcelamentos de nitrogênio</b>	<b>Médias</b>
90 kg/ha no plantio (1, 6, 11 e 16)	67 b
60 kg/ha no plantio + 30 kg/ha aos 30 DAS (2, 7, 12 e 17)	68 b
45 kg/ha no plantio + 45 kg/ha aos 30 DAS (3, 8, 13 e 18)	68 b
30 kg/ha no plantio + 60 kg/ha aos 30 DAS (4, 9, 14 e 19)	68 b
30 kg/ha no plantio + 30 kg/ha, aos 30 DAS + 30 kg/ha, aos 50 DAS (5, 10, 15 e 20)	71 a

<sup>1</sup>As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Os tratamentos nos quais se aplicou o N todo no plantio, ou parcelado em duas épocas (semeadura e uma cobertura), não diferiram estatisticamente entre si. Por outro lado, o parcelamento do N em três vezes (semeadura e duas coberturas) aumentou significativamente a altura de plantas. Essa maior altura de planta (71 cm) refletiu diretamente na média de produtividade de grãos (Tabela 9).

Souza et al. (2001), estudando os efeitos de duas formas de parcelamento de N (150 kg/ha), encontraram pequena variação entre os tratamentos, contudo, a menor altura média foi a da testemunha.

Lopes et al. (1993) verificaram resposta positiva na estatura de plantas com o aumento das doses de nitrogênio aplicadas. Quanto à época de aplicação, verificou-se apenas uma tendência de melhores resultados quando todo adubo nitrogenado foi aplicado na fase de início do perfilhamento. Como a cultivar BRSMG Caravera utilizada neste experimento apresenta altura média de 93 cm (Soares et al., 2008), ou seja, mais de 20 cm do que os valores encontrados neste experimento, pode-se inferir que as condições edafoclimáticas do local não foram favoráveis ao desenvolvimento das plantas.

Outro fator que pode ter contribuído para o baixo desenvolvimento das plantas é que, pelo fato de o experimento ter sido implantado em sistema plantio direto, as plantas não desenvolveram seu sistema radicular como desenvolveriam no sistema convencional (aração e gradagem) e, por isso, apresentaram alturas menores. Soma-se a isso, o intenso veranico ocorrido no mês de janeiro de 2007 (23 dias), prejudicando o crescimento das plantas. O plantio tardio (12 de dezembro) certamente contribuiu para redução do porte das plantas.

#### 4.6 Efeito do parcelamento de nitrogênio sobre as médias do número de panículas por m<sup>2</sup>

O resultado da análise de variância para número de panículas por m<sup>2</sup> em função dos cinco parcelamentos do N, considerando as médias dos quatro grupos (testemunha, com bioestimulante, com pyraclostrobina e com inibidor da nitrificação), é apresentado na Tabela 12. Observa-se, pelos dados da referida Tabela, que houve significância ( $p < 0,05$ ) somente para efeito de tratamentos. Portanto, pelo menos um dos parcelamentos de nitrogênio diferiu estatisticamente de outro. Assim, para detectar quais médias diferiram entre si, aplicou-se o teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) às cinco médias.

TABELA 12 Análise de variância para o efeito de parcelamento de nitrogênio sobre as médias do número de panículas por m<sup>2</sup>.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	87490,625000	21872,656250	3,047*	0,0236
BLOCO	15	88049,187500	5869,945833	0,818	0,6543
ERRO	60	430707,375000	7178,456250		
Total	79	606247,187500			

CV = 19,92%

As médias de número de panículas por m<sup>2</sup>, em função do parcelamento de N, são apresentadas na Tabela 13. Nota-se, pelos dados desta tabela, que os diferentes parcelamentos afetaram de modo diferenciado o número de panículas por m<sup>2</sup>. Os dois melhores parcelamentos foram: (30 + 30 + 30) kg/ha de N e (30 + 60) kg/ha de N, os quais foram estatisticamente iguais e superiores aos demais parcelamentos que, por sua vez, também foram semelhantes entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

TABELA 13 Médias do número de panículas por m<sup>2</sup>, em função dos diferentes parcelamentos da adubação nitrogenada<sup>1</sup>.

<b>Parcelamentos de nitrogênio</b>	<b>Médias</b>
90 kg/ha no plantio (1, 6, 11 e 16)	392 b
60 kg/ha no plantio + 30 kg/ha aos 30 DAS (2, 7, 12 e 17)	401 b
45 kg/ha no plantio + 45 kg/ha aos 30 DAS (3, 8, 13 e 18)	403 b
30 kg/ha no plantio + 60 kg/ha aos 30 DAS (4, 9, 14 e 19)	462 a
30 kg/ha no plantio + 30 kg/ha, aos 30 DAS + 30 kg/ha, aos 50 DAS (5, 10, 15 e 20)	469 a

<sup>1</sup>As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

O fato de o tratamento (30+60) kg/ha de N ter apresentado maior média de número de panículas por m<sup>2</sup> do que os outros dois parcelamentos (60+30) kg/ha e (45+45) kg/ha deve-se à grande demanda por N nos estádios de perfilhamento, de formação de panícula e de emborrachamento da cultura, devido à formação e ao desenvolvimento de estruturas reprodutivas, consideradas drenos fortes (Fageria, 1999). Como, nesse tratamento, foi aplicada uma dose maior de N em cobertura (60 kg/ha), as plantas tiveram maior disponibilidade desse nutriente quando precisaram. A aplicação parcelada de N deve ser realizada nesses estádios, por ser neles que a planta mais necessita de nutrientes disponíveis para o seu desenvolvimento.

Neves et al. (2004), estudando o efeito do parcelamento de quatro doses de ureia em cobertura (0, 40, 80 e 160 kg/ha), em duas épocas de aplicação (30 e 50 dias após a emergência das plantas), sobre o número de panículas por m<sup>2</sup>, relatam que não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos. Resultado semelhante foi encontrado por Stone et al. (1979), Santos et al. (1986) e Stone & Silva (1998), que também não observaram efeito do nitrogênio sobre o número de panículas por m<sup>2</sup>. Porém, Andrade & Amorim Neto (1996) e Taher

et al. (1987) verificaram incrementos nessa característica com a aplicação de nitrogênio.

Mateus et al. (2006) também observaram que a adubação de N parcelada e aplicada apenas nos estádios de diferenciação do primórdio da panícula (DPP) e emborrachamento (E) (50 kg/ha na DPP + 50 kg/ha no E) e a aplicação de dose única no emborrachamento (100 kg/ha no E) resultaram em maior número de panículas por m<sup>2</sup> em relação ao tratamento que recebeu o N em dose única no estádio de perfilhamento (P) (100 kg/ha no P).

#### **4.7 Considerações finais**

Apesar de o bioestimulante, a pyraclostrobina e o adubo nitrogenado com inibidor da nitrificação, utilizados neste experimento, não terem apresentado os efeitos esperados sobre a produtividade de grãos do arroz de terras altas, outras alternativas para tentar suprir a deficiência de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> do arroz de terras altas em sistema plantio direto devem ser pesquisadas.

Uma das alternativas é a utilização do produto Masterfix Gramíneas<sup>®</sup>, que é um fertilizante biológico ou inoculante recomendado para a cultura do arroz e do milho. À semelhança do que ocorre com a inoculação em soja, o Masterfix Gramíneas<sup>®</sup> deve ser utilizado junto às sementes antes do plantio. Resultados de pesquisa indicam que esta inovação apresenta potencial para economizar até 50% no uso de nitrogênio químico, além de proporcionar um aumento significativo na produtividade. O Masterfix Gramíneas<sup>®</sup> contém a bactéria *Azospirillum brasilense*, pesquisada pela Embrapa e selecionada pela Universidade Federal do Paraná, que fixa o nitrogênio do ar e libera amônio nas raízes das gramíneas. A fixação de N nas plantas promove o seu crescimento por meio da produção de hormônios vegetais, que estimulam também o crescimento das raízes, o que permite uma maior absorção de água e nutrientes. Aplicadas ao

solo com as sementes de arroz e milho, as bactérias presentes no produto transformam o nitrogênio do ar em forma assimilável pelas plantas (Correpar Corretora de Mercadorias, 2009).

Outra alternativa promissora para a manutenção do nitrogênio no solo na forma amoniacal é a de se plantar no inverno, antes do arroz, espécies de plantas produtoras de substâncias que têm efeito sobre as bactérias nitrificadoras. Como exemplo, podem-se citar o nabo, o girassol, o centeio e o trigo. Ácido fenólico, terpenoides e flavonoides (quercetina e mycertina) são exemplos dessas substâncias. O ácido fenólico, na concentração de 1 a 10  $\mu\text{M}$  e o flavonoide, na concentração de 10 a 100  $\mu\text{M}$ , no solo, inibem os nitrificadores. Cabe ressaltar que a maioria dessas substâncias tem degradação relativamente rápida no solo. Portanto, deve-se efetuar um manejo adequado, de forma que, quando se semear o arroz, as referidas substâncias ainda estejam ativas (Antonio Alves Soares, 2009) <sup>1</sup>.

Para aqueles que já praticam o plantio direto em terras bem drenadas ou pretendem adotar o sistema, uma sugestão empírica, com relação à fertilização nitrogenada, é aplicar no sulco de plantio em torno de 30 kg/ha de N-amoniacal e efetuar duas adubações de cobertura: a primeira por volta de 15 dias após a emergência das plântulas e a segunda, na diferenciação do primórdio floral. A fonte de N aplicada no plantio e na primeira cobertura deve ser, preferencialmente, o sulfato de amônio que, por ter reação ácida no solo (pH em torno de 5,1), inibe as bactérias nitrificadoras, preservando, assim, o  $\text{N-NH}_4^+$ .

A dose de nitrogênio depende do solo, da cultivar, do regime de chuvas, etc. O parcelamento sugerido é uma maneira de prover um fluxo contínuo de nitrogênio amoniacal no período em que o arroz é deficiente na produção da enzima redutase do nitrato. Recomenda-se também, sempre que possível, efetuar

---

<sup>1</sup> Comunicação Pessoal: Lavras, Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura.

o plantio mais cedo, para fugir dos períodos de alta precipitação pluvial que provocam intensas perdas de nitrogênio por desnitrificação no momento que o arroz mais demanda esse elemento, que é a partir da diferenciação do primórdio floral. Para os atuais e futuros usuários do plantio direto no cultivo do arroz de terras altas, recomenda-se não mais revolver o solo, pois, só assim, os produtores vão imitar a natureza e ter para sempre uma “terra nova”, apta para o cultivo sustentável do arroz de terras altas ou nas várzeas drenadas. O acúmulo de matéria orgânica no solo em cultivo sob plantio direto é lento, portanto, o produtor não deve esperar uma resposta rápida e imediata (Antonio Alves Soares, 2009) <sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Comunicação Pessoal: Lavras, Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura.

## 5 CONCLUSÕES

- Nas condições deste trabalho, o bioestimulante, a pyraclostrobina e o inibidor de nitrificação não influenciam a produtividade de grãos, a altura de plantas e o número de panículas por m<sup>2</sup> no arroz de terras altas.
- Parcelamento do nitrogênio afeta positivamente a produtividade de grãos, a altura de planta e o número de panículas por m<sup>2</sup>, em arroz de terras altas.
- O parcelamento do N em três aplicações (semeadura e duas coberturas) é o que mais contribui para a elevação da produtividade de grãos, no cultivo de arroz de terras altas em sistema plantio direto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, S. R. M.; SANT'ANNA, R.; MOSQUIM, P. R.; CAMBRAIA, J. **Assimilação do nitrogênio pelas plantas de *Panicum maximum*, cv. Vencedor, submetidos a diferentes proporções  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$** . Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2001. 20 p. (Boletim de pesquisa, 13).
- ANDRADE, W. E. B.; AMORIM NETO, S. Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento e outros parâmetros de duas cultivares de arroz irrigado na região norte Fluminense. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n. 3, p. 293-300, 1996.
- ARAÚJO, J. L. **Atividade da redutase do nitrato sobre o crescimento e produção de grãos do arroz**. 2005. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ATAÍDE, E. M.; RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J. C.; RODRIGUES, J. D.; BARBOSA, J. C. Efeito de giberelina (GA3) e do bioestimulante 'Stimulate' na indução floral e produtividade do maracujazeiro-amarelo em condições de safra normal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 343-346, dez. 2006.
- BAPTISTA, J. A. **Cinética de absorção de  $\text{NH}_4^+$  e fluxo de prótons em arroz**. 1995. 95 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- 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).
- BASF. **Efeito fisiológico F500 mais energia, mais verde, maior produtividade – manual técnico**. Disponível em: <[http://www.agro.basf.com.br/efeito\\_fisiologico/pdfs/manual\\_tecnico\\_efeito\\_fis\\_iologico.pdf](http://www.agro.basf.com.br/efeito_fisiologico/pdfs/manual_tecnico_efeito_fis_iologico.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2007.

BEEVERS, L.; HAGEMAN, R. H. Nitrate and nitrite reduction. In: MIFLIN, B. J. (Ed.). **“The biochemistry of plants”**. New York: Academic, 1980. v. 5, p. 115-168.

BEEVERS, L.; SCHRADER, L. E.; FLESHER, D.; HAGEMAN, R. H. The role of light and nitrate in the induction of nitrate reductase in radish cotyledons and maize seedlings. **Plant Physiology**, Rockville, v. 40, n. 4, p. 691-698, July 1965.

BELMONT, F. **Ação de fitorregulador de crescimento na germinação de sementes de algodoeiro**. Areia: CCA/UFPB, 2003. 48 p. Relatório de pesquisa.

BUNGARD, R. A.; WINGLER, A.; MORTON, J. D.; ANDREWS, M.; PRESS, M. C.; SCHOLLES, J. D. Ammonium can stimulate nitrate and nitrite reductase in the absence of nitrate in *Clematis vitalba*. **Plant, Cell and Environment**, New York, v. 22, n. 7, p. 859-866, July 1999.

CALDAS, L. S.; HARIDASAN, P.; FERREIRA, M. E. Meios nutritivos. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. **Técnicas e aplicações de cultura de tecidos em plantas**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1990. p. 37-70.

CAMARGOS, L. S. **Análise das alterações no metabolismo de nitrogênio em *Canavalia ensiforme* L. em resposta a variações na concentração de nitrato fornecida**. 2002. 136 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAMPBELL, W. H. Nitrate reductase and its role in nitrate assimilation in plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 74, n. 1, p. 214-219, Sept. 1988.

CASTRO, P. R. C.; MELOTTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A. E.; ROSOLEM, C. A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 1, cap. 8, p. 191-235.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132 p.

CATO, S. C. **Ação de bioestimulante nas culturas do amendoim, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas**. 2006. 73 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

COELHO, M. B. **Efeito da água disponível no solo e de níveis de nitrogênio sobre duas variedades de arroz**. 1976. 42 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CORREPAR CORRETORA DE MERCADORIAS. **Chega ao mercado inoculante para milho e arroz**. Disponível em: <[http://www.correpar.com.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=3190&Itemid=58](http://www.correpar.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=3190&Itemid=58)>. Acesso em: 22 ago. 2009.

CRAMMER, M. D.; LEWIS, A. M. The influence of nitrate and ammonium nutrition on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) plants. **Annals of Botany**, New York, v. 72, n. 4, p. 359-365, Oct. 1993a.

CRAMMER, M. D.; LEWIS, A. M. The influence of  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  nutrition on the carbon and nitrogen partitioning characteristics of wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) plants. **Plant and Soil**, The Hague, v. 154, n. 2, p. 289-300, July 1993b.

DALLAGNOL, L. J.; NAVARINI, L.; BALARDIN, R. S.; GOSENHEIMER, A.; MAFFINI, A. A. Dano das doenças foliares na cultura do arroz irrigado e eficiência de controle dos fungicidas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 3, p. 313-318, jul./set. 2006.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido à diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186, fev. 2004.

DARIO, G. J. A.; BALTIERI, E. M. **Avaliação da eficiência do regulador vegetal Stimulate (citocinina + ácido indolbutírico + ácido giberélico) na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. 12 p. Relatório técnico.

DATTA, N.; RAO, L. V. M.; GUHA-MUKHERJEE, S.; SOPORY, S. K. Regulation of nitrate reductase activity by ammonium in wheat. **Plant Science Letters**, Limerick, v. 20, n. 4, p. 305-313, Feb. 1981.

DE DATTA, S. K. **Principles and practices of rice production**. New York: J. Wiley, 1981. 618 p.

DELÚ FILHO, N.; OLIVEIRA, L. E. M.; ALVES, J. D. Atividade da redutase do nitrato em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.): Otimização das condições de ensaio e ritmo circadiano. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 329-336, jul./set. 1997.

DRUART, N.; GOUPIL, P.; DEWADE, E.; BOUTIN, J. P.; RAMBOUR, S. Nitrate assimilation in chicory roots (*Cichorium intybus* L.) which acquire radial growth. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, n. 344, p. 539-546, Mar. 2000.

DUETE, R. R. Aproveitamento de formas de nitrogênio aplicado durante o ciclo de desenvolvimento do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: UNESP, 2003. 1 CD-ROM.

EILRICH, G. L.; HAGEMAN, R. H. Nitrate reductase activity and its relationship to accumulation of vegetative grain nitrogen in wheat (*Triticum aestivum*). **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 1, p. 59-66, Jan. 1973.

FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz**. Rio de Janeiro: Campus, 1984. 341 p.

FAGERIA, N. K. Nutrição mineral. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B.; SANTANA, E. P. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999. cap. 7, p. 172-196.

FAGERIA, N. K.; WILCOX, G. E. Influência de nitrogênio e fósforo no crescimento do arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 30, n. 301, p. 24-28, 1977.

FAQUIN, V. Acúmulo de nitrato em hortaliças e saúde humana. **Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 23-26, 2004.

FERNANDES, M. S.; FREIRE, L. R. Efeitos do nitrogênio nítrico aplicado ao solo na atividade da nitrato redutase e na acumulação de N-solúvel em *Brachiaria* sp. **Turrialba**, Costa Rica, v. 26, n. 3, p. 268-273, jul./sept. 1976.

FERNANDES, M. S.; ROSSIELLO, R. O. P. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Tennessee, v. 14, n. 2, p. 111-118, 1995.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; PINHO, E. V. R. von; QUEIROZ, D. L. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 2, p. 80-89, ago. 2007.

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

FRANÇA, M. G. C. **Análise do crescimento e do acúmulo de nitrogênio em duas cultivares de arroz contrastantes em hábito de crescimento.** 1995. 135 p. Tese (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

GANMORE-NEUMANN, R.; KAFKAFI, U. Root temperature and percentage  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  effect on tomato development II: nutrients composition of tomato plants. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 5, p. 762-766, Sept. 1980.

GUIMARÃES, C. M.; BEVITÓRI, R. O arroz em sistemas de rotação de culturas. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B.; SANTANA, E. P. **A cultura do arroz no Brasil.** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999. cap. 6, p. 148-171.

HAGEMAN, R. H.; BELOW, F. E. Role of nitrogen metabolism in crop productivity. In: ABROL, Y. P. (Ed.). **Nitrogen in higher plants.** Taunton: Research Studies, 1990. p. 313-334.

HERNANDES, A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em três cultivares de arroz de terras altas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ, 2.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 8., 2006. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2006. 1 CD-ROM.

HERNANDEZ, H. H.; WALSH, D. E.; BAUER, A. **Nitrate reductase of wheat – its relation to nitrogen fertilization.** Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1974. v. 51, p. 330-336.

HOFF, T.; STUMMANN, B. M.; HENNINGSEN, K. W. Structure, function and regulation of nitrate reductase in higher plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 84, n. 4, p. 616-624, Apr. 1992.

HUBER, S. C.; HUBER, J. L.; CAMPBELL, W. H.; REDINBAUGH, M. G. Comparative studies of the light modulation of nitrate reductase and sucrose-phosphate synthase activities in spinach leaves. **Plant Physiology**, Rockville, v. 100, n. 2, p.706-712, Oct. 1992.

JAKOBS, B. M.; GÜLPEN, M. Influences of the different nitrate to ammonium ratios on chlorosis, cation concentrations and binding forms of Mg and Ca in needles of Mg-deficient Norway spruce. **Plant and Soil**, The Hague, v. 188, n. 2, p. 267-277, Jan. 1997.

KAISER, W. M.; HUBER, S. Modulation of nitrate reductase in vivo and in vitro: effects of phosphoprotein phosphatase inhibitors, free Mg<sup>2+</sup> and 5'-AMP. **Planta**, Berlin, v. 193, n. 3, p. 358-364, Apr. 1994.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. A.; COBUCCI, T. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2006. 63 p. (Documentos, 188).

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um latossolo roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de plantio direto**. 1998. 179 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

KOŁOTA, E.; ADAMCZEWSKA-SOWIŃSKA, K. Efficiency of Entec 26 – a new concept nitrogen fertilizer in white head cabbage production. **Vegetable Crops Research Bulletin**, Skierniewice, n. 69, p. 73-80, Oct. 2008.

LILLO, C. Light regulation of nitrate reductase in green leaves of higher plants. Minireview. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 90, n. 3, p. 616-620, Mar. 1994.

LI, X. Z.; LARSON, D. E.; GLIBETIC, M.; OAKS, A. Effect of glutamine on the induction of nitrate reductase. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 93, n. 4, p. 740-744, Apr. 1995.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo.** São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. 110 p.

LOPES, S. I. G.; BARROS, J.; OLIVEIRA, M. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para cultivar IRGA 416. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 46, n. 408, p. 6-7, 1993.

MAGALHÃES, A. C.; NEYRA, C. A.; HAGEMAN, R. H. Nitrite assimilation and amino nitrogen synthesis in isolated spinach chloroplasts. **Plant Physiology**, Rockville, v. 53, n. 3, p. 411-415, Mar. 1974.

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

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

MATEUS, G. P.; FELTRAN, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do arroz inundado. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 144-149, 2006.

MOORE, P. A.; GILMOUR, J. T.; WELLS, B. R. Seasonal patterns of growth and soil nitrogen uptake by rice. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 45, n. 5, p. 875-879, Sept. 1981.

NEVES, M. B.; BUZETTI, S.; ARF, O.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em dois cultivares de arroz com irrigação suplementar. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 429-435, 2004.

NYE, P. H. Changes of pH the rizosphaera induced by root. **Plant and Soil**, The Hague, v. 61, n. 1/2, p. 7-26, Feb. 1981.

OAKS, A.; POULLE, M.; GOODFELLOW, V. J.; CASS, L. A.; DEISING, H. The role of nitrate and ammonium ions and light on the induction of nitrate reductase in maize leaves. **Plant Physiology**, Rockville, v. 88, n. 4, p. 1067-1072, Dec. 1988.

OAKS, A. Primary nitrogen assimilation in higher plants and its regulation. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 72, n. 6, p. 739-750, 1994.

OUKO, M. O. **Nitrate reductase activity in rice as a screening tool for weed competitiveness**. 2003. 85 p. Thesis (Masters of Agriculture) - Faculty of Agriculture University of Bonn, Kenya.

PASDA, G.; HÄHNDEL, R.; ZERULLA, W. Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3,4-dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops. **Biol Fertil Soils**, Berlim, v. 34, n. 2, p. 85-97, Aug. 2001.

PEREIRA-NETTO, A. B.; MAGALHÃES, A. C. N.; PINTO, H. S. Nitrate reductase activity in field-grown *Pueraria lobata* (Kudzu) in southeastern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1971-1975, dez. 1998.

PERPÉTUO, A. da S. Época de aplicação do nitrogênio e seu efeito sobre a produtividade do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 163-177, 1989.

PINHO, R. G. von; MENDES, M. C.; CARMO, M. A. P. do. **Laudo técnico de eficiência agrônômica de bioestimulantes**. Lavras: UFLA, 2005. 17 p.

RAJASEKHAR, V. K.; MOHR, H. Effect of ammonium and nitrate on growth and appearance of nitrate reductase and nitrite reductase in dark and light grown mustard seedlings. **Planta**, Berlim, v. 169, n. 4, p. 594-599, Dec. 1986.

RAVEN, J. A.; SMITH, F. A. Nitrogen assimilation and transport in vacuolar land plants in relation to intracellular pH regulation. **New Phytologist**, Cambridge, v.77, n. 2, p. 415-431, Sept. 1976.

RAVEN, J. A.; WOLLENWEBER, B.; HANDLEY, L. L. A comparison of ammonium and nitrate as nitrogen-sources for photolithotrophs. **New Phytologist**, Cambridge, v.121, n.1, p.19-32, May 1992.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V.V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RODRIGUES, J. D.; DOMINGUES, M. C. S.; MOREIRA, R. C. Incrementos de produtividade na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) cv. IAC-18 com a aplicação do biorregulador Stimulate. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE FISIOLÓGIA VEGETAL, 11., 2002, Punta Del Este. **Anais...** Punta Del Este: Sociedade Latinoamericana de Fisiologia Vegetal, 2002. p. 124-124.

SÁ, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: \_\_\_\_\_. **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 267-319.

SÁ, M. E.; ARF, O.; BUZETTI, S.; PEROZIM, C. R. Respostas de cultivares de arroz de sequeiro com irrigação suplementar à época de aplicação do nitrogênio em cobertura: produção e qualidade de grãos e de sementes. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE, 9., 1994, Santo Antonio de Goiás. **Anais...** Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1994. v. 1, p. 68-68.

SANTOS, J. H. S. **Proporções nitrato e amônio na nutrição e produção dos capins aruana e marandu**. 2003. 81 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS, A. B.; PRABHU, A. S.; AQUINO, A. R. L.; CARVALHO, J. R. T. 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. M.; BUCHER, C. A.; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Efeito de diferentes concentrações de nitrato em solução nutritiva sobre os teores de  $N-NO_3^-$ ,  $N-NH_4^+$ , N-amino livre e atividade da nitrato redutase em duas variedades de arroz. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., 2004, Lages. **Anais...** Lages: UDESC, 2004. 1 CD-ROM.

SHEN, T. C. Nitrate reductase of rice seedlings and its induction by organic nitro-compounds. **Plant Physiology**, Rockville, v. 49, n. 4, p. 546-549, Apr. 1972.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. An evaluation of the evidence for, and, implications of, cytoplasmic nitrate homeostasis. **Plant, Cell and Environment**, New York, v. 25, n. 10, p. 1211-1217, Oct. 2002.

SILVA, S. A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SILVA, M. G. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo em sistema plantio direto no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 2717-2722, out./dez. 2008. Número especial.

SIVASANKAR, S.; OAKS, A. Nitrate assimilation in higher plants: the effect of metabolites and light. **Plant Physiology and Biochemistry**, Essex, v. 34, p. 609-620, 1996.

SOARES, A. A. **Cultura do arroz**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 130 p. (Textos acadêmicos, 7).

SOARES, A. A. Desvendando o segredo do insucesso do plantio direto do arroz de terras altas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 61-69, 2004.

SOARES, A. A.; REIS, M. S.; CORNÉLIO, V. M. O.; SOARES, P. C.; COSTA JÚNIOR, G. T.; GUEDES, J. M.; LEITE, N. A.; SOUZA, M. A.; DIAS, F. P. BRSMG Caravera: cultivar de arroz para terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 937-940, jul. 2008.

SOMMERS, D. A.; KUO, T. M.; KLEINHOF, A.; WARNER, R. L.; OAKS, A. Synthesis and degradation of barley nitrate reductase. **Plant Physiology**, Rockville, v. 72, n. 4, p. 949-952, Aug. 1983.

SOUZA, A. C.; CARVALHO, J. G.; PINHO, R. G. von; CARVALHO, M. L. M. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agrônômicas do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 321-329, mar./abr. 2001.

SOUZA, S. R. **Efeito da aplicação foliar de nitrogênio pós-antese sobre as enzimas de assimilação de N e acúmulo de proteína em grãos de arroz**. 1995. 178 p. Tese (Pós-doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SRISVASTAVA, R.; BEEVERS, L. Regulation of nitrate reductase activity in higher plants. **Phytochemistry**, Oxford, v. 19, n. 5, p. 725-733, 1980.

STONE, L. F.; OLIVEIRA, A. B. de; STEINMETZ, S. Deficiência hídrica e resposta de cultivares de arroz de sequeiro, ao nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 3, p. 295-301, jul. 1979.

STONE, L. F.; SILVA, J. G. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 891-897, jun. 1998.

STOREY, R.; BEEVERS, L. Enzymology of glutamine metabolism related a senescence and seed development in the pea (*Pisum sativum* L.). **Plant Physiology**, Rockville, v. 61, n. 4, p. 494-500, Apr. 1978.

TAHER, A.; BASRI, I. H.; JUGSUJINDA, A. Effect of phosphorous and nitrogen sources on field of rice in west Sumatra, Indonésia. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Efficiency of nitrogen fertilizers for rice**. Manila, 1987. 163 p.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. Fisiologia do estresse. 3. ed. In: \_\_\_\_\_. **Fisiologia vegetal**. Califórnia: Artmed, 2004. cap. 25, p.613-643.

TISCHNER, R. Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. **Plant, Cell and Environment**, New York, v. 23, n. 10, p. 1005-1024, Oct. 2000.

VIEIRA, E. L. **Ação de bioestimulante 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.)**. 2001. 122 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

WADA, G.; SHOJI, S.; MAE, T. Relationship between nitrogen absorption on growth and yield of rice plants. **Japan Agriculture Research Quartely**, Tóquio, v. 20, p. 135-145, 1986.

WILSON, C. E.; NORMAN JUNIOR, R. J.; WELLS, B. R. Seazonal patterns of growth and soil nitrogen applied in split applications to rice. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 53, n. 6, p. 1884-1887, Nov. 1989.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho?** Piracicaba: Potafós, 2000. p. 1-5. (Informações agronômicas, 91).

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.