

**DENILSON FERNANDO DA CUNHA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**BIOESTIMULANTES NA CULTURA DO ARROZ INOCULADO COM *Pyricularia*  
*grisea***

**UBERLÂNDIA – MG  
MARÇO DE 2021**

**DENILSON FERNANDO DA CUNHA**

**BIOESTIMULANTES NA CULTURA DO ARROZ INOCULADO COM *Pyricularia  
grisea***

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Agronomia, da  
Universidade Federal de Uberlândia,  
como requisito necessário para obtenção  
do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Dr. Hamilton Seron Pereira

**UBERLÂNDIA – MG  
MARÇO DE 2021**

**DENILSON FERNANDO DA CUNHA**

**BIOESTIMULANTES NA CULTURA DO ARROZ INOCULADO COM *Pyricularia*  
*grisea***

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Agronomia, da  
Universidade Federal de Uberlândia,  
como requisito necessário para obtenção  
do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Dr. Hamilton Seron Pereira

Banca de avaliação:

---

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira  
Orientador

---

Eng<sup>a</sup>. Agr. Msc. Ana Carolina Pereira de Vasconcelos  
Membro da banca

---

Eng. Agr. Msc. Thiago Prudente Siqueira  
Membro da banca

**UBERLÂNDIA – MG**  
**MARÇO DE 2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele eu nunca teria chegado aonde cheguei dentro da faculdade, desde o primeiro passo até o último. Ele sempre esteve comigo, me dando força para vencer mais uma etapa da minha vida. Então, dedico minha vida profissional a Ele, o único digno de toda honra, glória e louvor.

À minha mãe, que me apoiou até aqui, sempre me ajudando quando precisei, nunca medindo esforços e fazendo o possível para me ver formado. Com gratidão eu dedicarei minha vida para cuidar de sua alegria e felicidade.

Ao meu orientador Hamilton Seron Pereira, que dedicou paciência e tempo para que esse trabalho fosse executado e finalizado.

A Ana Carolina Pereira de Vasconcelos, pela sua total ajuda na execução desse trabalho, sem ela nada disso seria possível, pelo incentivo, carisma e confiança depositado em mim. Foi uma das pessoas das quais mais me ajudou nas horas de dificuldades acadêmicas e durante a elaboração do meu trabalho de conclusão de curso.

Ao Thiago Prudente Siqueira, pela amizade, companheirismo e suporte no decorrer do meu período acadêmico.

## RESUMO

Devido aos diversos problemas fitossanitários em diversas culturas e com o constante surgimento de patógenos resistentes, o agronegócio vem desenvolvendo novas técnicas e tecnologias que se aliam na tentativa de minimizar os custos de produção e melhorar a qualidade efetiva de alguns produtos, com a finalidade de aumentar a produtividade. Devido o escasso conhecimento acerca dos agroquímicos de controle hormonal e a correlação com o controle de doenças, o objetivo desse trabalho foi avaliar uma fonte bioestimulante à base de extrato de algas e silício e um produto comercial à base de micronutrientes, estudando a influência de diferentes concentrações sobre o desenvolvimento e produtividade de arroz, inoculado com o fungo *Pyricularia grisea* (Brusone). O experimento (teste biológico) foi realizado em casa de vegetação pertencente à Universidade Federal de Uberlândia. Foram utilizados vasos de 10 kg, com solo classificado como Neossolo Quartzarênico, utilizando a cultivar BRS Atalanta, adaptada ao cultivo inundado. O delineamento foi inteiramente causalizado, com três repetições e fatorial 2x2x2+2, sendo que os tratamentos consistiram na ausência e da presença de *Pyricularia grisea* ( $1,5 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$ ) e duas doses ( $1,50$  e  $3,00 \text{ L ha}^{-1}$ ) de duas fontes bioestimulantes à base de extrato de *Ascophyllum nodosum* e dois adicionais ( $0,00 \text{ L ha}^{-1}$ ), com e sem inoculação. O Produto A contém concentrações de 5,7% de zinco, 17% de fósforo, 13% de nitrogênio e 2,5% de manganês, já o Produto B (uma fonte contendo silicato de potássio enriquecido com zinco), contém concentrações de 1,5% de silício, 1,5% de potássio e 0,5% de zinco. Foram avaliados: valores de clorofila A e B nas fases de perfilhamento e alongamento; teores foliares de silício, macro e micronutrientes; massa de matéria seca de raiz e parte aérea, número de panículas; quantidade de grãos ardidos; peso do grão sem a palha; peso total (grão + palha); peso de grão quebrado e avaliação da nitrato redutase. Foram testadas as pressuposições dos dados obtidos, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey e Dunnett, ambos a 0,05 de significância. O uso de bioestimulantes à base de extrato de *Ascophyllum nodosum*, contendo micronutrientes (Produto A) e silicato de potássio + zinco (Produto B), via foliar, na cultura de arroz inundado, quando inoculados com *Pyricularia grisea*, proporcionam maiores teores foliares de fósforo e silício e menor número de panículas. A aplicação do bioestimulante contendo silicato de potássio e enriquecido com zinco (Produto B) proporciona maiores teores foliares de ferro e menor peso de grãos quebrados e quando aplicada a dose de  $3,0 \text{ L ha}^{-1}$ , propicia maiores teores foliares de zinco e, na dose de  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ , menores valores de clorofila B na fase de alongamento, independente da inoculação.

**Palavras-chave:** Agroquímicos de regulação hormonal; brusone; nutrição de plantas; *Oryza Sativa*.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Caracterização química do solo anterior à instalação do experimento .....	12
<b>Tabela 2</b> - Teores de nitrogênio, enxofre e potássio nas folhas de <i>Oryza sativa</i> da cultivar BRS Atalanta, em função de doses de bioestimulantes e inoculação de <i>Pyricularia grisea</i> .....	14
<b>Tabela 3</b> - Teores de cálcio e magnésio ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nas folhas de <i>Oryza sativa</i> , em função de doses ( $\text{L ha}^{-1}$ ) de bioestimulantes e inoculação de <i>Pyricularia grisea</i> .....	15
<b>Tabela 4</b> - Teores de cobre e manganês ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nas folhas de <i>Oryza sativa</i> , em função de doses ( $\text{L ha}^{-1}$ ) de bioestimulantes e inoculação de <i>Pyricularia grisea</i> .....	16
<b>Tabela 5</b> - Teores de fósforo e silício ( $\text{g kg}^{-1}$ ) nas folhas de <i>Oryza sativa</i> , em função de doses ( $\text{L ha}^{-1}$ ) de bioestimulantes e inoculação de <i>Pyricularia grisea</i> .....	16
<b>Tabela 6</b> - Teores de ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nas folhas de <i>Oryza sativa</i> , em função de doses ( $\text{L ha}^{-1}$ ) de bioestimulantes e inoculação de <i>Pyricularia grisea</i> .....	19
<b>Tabela 7</b> - Teores de zinco ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nas folhas de <i>Oryza sativa</i> , em função de doses ( $\text{L ha}^{-1}$ ) de bioestimulantes e inoculação de <i>Pyricularia grisea</i> .....	19
<b>Tabela 8</b> - Valores (SPAD) de clorofila A na fase de perfilhamento (V0) e de alongamento (R4), na cultivar BRS Atalanta, em função de doses de bioestimulantes com inoculação de <i>Pyricularia grisea</i> .....	21
<b>Tabela 9</b> - Valores (SPAD) de clorofila B na fase de perfilhamento (V0) e de alongamento (R4), em folhas de arroz, em função de doses de bioestimulantes com e inoculação de <i>Pyricularia grisea</i> .....	22
<b>Tabela 10</b> - Teores de massa de matéria seca presente de raízes e parte aérea de <i>Oryza sativa</i> , em função de doses de bioestimulantes, inoculados com <i>Pyricularia grisea</i> .....	23
<b>Tabela 11</b> - Grãos ardidos e Nitrato Redutase em <i>Oryza sativa</i> , variedade BRS Atalanta, em função de doses de bioestimulantes e com inoculação do patógeno <i>Pyricularia grisea</i> .....	24
<b>Tabela 12</b> - Peso do grão com palha e sem palha de <i>Oryza sativa</i> da cultivar BRS Atalanta,	

em função de doses de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*.....25

**Tabela 13** - Peso de grãos quebrados e número de panículas de *Oryza sativa*, em função de doses ( $L\ ha^{-1}$ ) de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*. .....26

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3 RESULTADOS E DUSCUSSÃO.....	14
4 CONCLUSÕES.....	27
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

## INTRODUÇÃO

O arroz é o terceiro cereal mais cultivado no mundo, ficando atrás apenas do trigo e do milho e possui uma posição de destaque no Brasil e no mundo, tanto em termos econômicos, culturais e sociais. É um alimento básico, sendo fonte de renda, subsistência e consumo da população (FAO, 2016).

O arroz é o principal alimento para a maioria da população mundial (WALTER, 2008). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011), no Brasil o consumo do arroz é responsável por 18% das calorias e 12% das proteínas da dieta básica da população. Ainda, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), o país teve, no fim de 2018, uma safra de 11,7 milhões de toneladas, apresentando redução de 5,7% em relação à produção de 2017. Já no ano de 2019, a safra foi de 106, milhões de toneladas, uma queda de 12,7% em relação ao ano anterior. A estimativa para produção de 2020 é de 11,04 milhões de toneladas (CONAB, 2020).

Atualmente, na agricultura, o uso de novas tecnologias em nutrição vegetal vem crescendo, com o propósito de aumentar a produtividade e promover melhorias na produção e na qualidade fisiológica dos produtos colhidos. De acordo com Barbosa Filho (1987), a causa da baixa produtividade da cultura do arroz está relacionada com a baixa utilização de fertilizantes e corretivos. É necessário lembrar que, quando outros fatores não são limitantes, uma adubação adequada pode aumentar a produtividade do arroz de terras altas em solo de cerrado (SANTOS et al., 1982).

Devido à importância econômica e social do arroz em países em desenvolvimento, aliado a um crescente aumento da população mundial, são necessárias medidas para aumentar a produção e a qualidade deste cereal, fornecendo alimentos com alta fonte de energia e nutrientes. Assim, novas alternativas de produção vêm sendo estudadas e desenvolvidas para proporcionar incrementos na produção e, nesse contexto, o uso de bioestimulantes na agricultura pode ser uma alternativa promissora para os produtores rurais.

Neste contexto, os bioestimulantes têm mostrado, por meio de pesquisas, potencial para o aumento da produtividade de determinadas culturas, como feijão (ABRANTES et al., 2011), soja (SANTOS et al., 2017), algodão (ALBRECHT et al., 2009), pimentão (PALANGANA et al., 2012) e alface (GUIMARÃES et al., 2006). Estes produtos se caracterizam por apresentarem em sua composição uma mistura de reguladores vegetais (substâncias sintéticas com efeitos semelhantes aos hormônios biossintetizados pelas plantas que, em reduzidas concentrações podem controlar o crescimento e o desenvolvimento dos

vegetais), ou a combinação destes com diferentes substâncias, como aminoácidos, vitaminas, ácidos orgânicos, extratos de algas e nutrientes (STEINER; PAVAN, 2015).

Os bioestimulantes podem auxiliar as plantas a minimizarem os efeitos de estresses bióticos e abióticos, uma vez que atuam como incremento hormonal e nutricional (OLIVEIRA et al., 2016). Segundo Vieira (2001) e citado por Garcia et al. (2009), culturas como o arroz, feijão e soja, apresentaram incrementos no sistema radicular em função da presença de bioestimulante, devido, principalmente, à composição hormonal destes produtos, o que pode aumentar a capacidade das plantas em absorver nutrientes.

Ademais, o arroz, durante todo o seu ciclo, é afetado por doenças que reduzem a produtividade e a qualidade dos grãos. A intensidade das doenças depende da ocorrência do patógeno, do ambiente favorável e da susceptibilidade da cultivar. O controle das doenças do arroz visa minimizar os prejuízos na produtividade, com a redução da taxa de infecção a níveis toleráveis (MACHADO, 2015).

Dentre as principais doenças da cultura do arroz, está a Brusone, causada pelo fungo *Magnaphorthe oryzae* (Herbert) Barr, forma imperfeita *Pyricularia oryzae* (Cooke) Sacc., é considerada a doença mais importante do arroz e ocorre em todo o território brasileiro. As perdas causadas pela Brusone são muito variáveis em função da pressão do inóculo, que é dependente das condições climáticas, do sistema de produção e das práticas culturais, do grau de resistência da cultivar utilizada, da ocorrência do patógeno virulento e da época de incidência da doença (DARIO et al., 2005). Os prejuízos são variáveis, sendo maiores em arroz de terras altas, na Região Centro-Oeste, e podem comprometer até 100% da produção, nos anos de ataques epidêmicos (PRABHU, 1999).

A doença pode ocorrer em toda a parte da planta, desde os estágios iniciais de desenvolvimento até a fase final de produção de grãos, sendo mais crítica a infecção nas folhas entre 20 e 50 dias de idade e nas panículas, na fase de enchimento dos grãos. Os sintomas nas folhas iniciam-se com a formação de pequenas lesões necróticas, de coloração marrom, que evoluem, aumentando de tamanho, tornando-se elípticas, com margem marrom e centro cinza ou esbranquiçado (BEDENDO, 1997).

Existem alguns produtos químicos disponíveis no mercado que podem controlar essa doença, existe também ampla quantidade de produtos desenvolvidos a partir de fontes naturais, que são vendidos hoje no mercado e apresentam alto potencial para controlar doenças em plantas. Muitos desses produtos agem ativando os mecanismos de resistência dos vegetais, gerando com isso, uma cascata de sinalizações que culminam com a ativação dos genes de defesa de planta hospedeira. Tal fenômeno é conhecido por indução de resistência

(PASCHOLATI, 2011).

Dentre os produtos comerciais que apresentam potencial para a indução de resistência de plantas, estão os bioestimulante a base de extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum* (L.) *Le Jolis* e silício (Si). As algas marinhas são fontes ricas em nutrientes e compostos bioativos, sendo que, um número expressivo de algas marrons é amplamente usado no manejo de doenças de plantas (CRAIGIE, 2011). *A. nodosum* é uma das mais utilizadas e pode ser encontrada facilmente na região costeira do Atlântico Norte. A maioria dos bioestimulantes atuais tem como principal fonte natural o extrato da alga marinha *A. nodosum* em sua composição e podem oferecer outros componentes benéficos para a planta, como a presença de silício em sua composição.

De acordo com Souza (2016), o Si tem um papel importante no controle da brusone em plantas de arroz, na qual o Si, após ser absorvido, deposita-se nos tecidos na forma de sílica amorfa hidratada ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), tornando a planta mais resistente à ação de fungos, impedindo assim, a penetração do fungo.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar uma fonte bioestimulante à base de extrato de algas e silício e um bioestimulante à base de extrato de algas e micronutrientes, analisando a influência de diferentes concentrações acerca do desenvolvimento e produtividade de arroz, inoculado com *Pyricularia grisea*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais, situada a 18° 35' de Latitude Sul, 47° 52' de Longitude Oeste e 931 m de altitude. O experimento foi implantado no dia 11 de setembro de 2015, com avaliações aos 50 e 105 dias após a emergência (DAE).

Em cada tratamento foram utilizados 10 kg de solo classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (EMBRAPA, 2013), cuja análise química fora realizada no Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Uberlândia (LABAS/UFU) seguindo metodologia da EMBRAPA (2011). O teor de Si no solo foi determinado no Laboratório de Fertilizantes da Universidade Federal de Uberlândia (LAFER/UFU) seguindo metodologia proposta por Korndörfer et al. (2004). As características químicas do solo anteriores à sua correção encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química do solo anterior à instalação do experimento

pH	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	CTC	V	m	M.O.			
	-----		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----		----- %	-----	g kg <sup>-1</sup>			
4,1	0,4	2,80	0,64	1,04	3,44	18,6	38,5	1,9			
P	P rem	Si	S	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg dm <sup>-3</sup> -----		-----		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----mg dm <sup>-3</sup> -----				
12,2	16,8	3,6	18	0,04	0,5	0,1	0,08	0,8	57	1,5	1,0

P, K = (HCl 0,05 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N); Al, Ca, Mg = (SPT 1 N); M.O. = (Walkley-Black); Si = (CaCl<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>); SB = Soma de bases / t = CTC efetiva / T = CTC a pH 7,0 / V = Sat. por Bases / m = Sat. por Al.

Foi realizado a correção do solo com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), utilizando 0,75 g kg<sup>-1</sup> e 0,21 g kg<sup>-1</sup> de carbonato de magnésio (MgCO<sub>3</sub>) por vaso, após, o solo foi incubado por 60 dias, recebendo umidade para que houvesse reação entre o corretivo e o solo. Para tal, foram realizados teste de capacidade de campo e reposição da água perdida por evaporação.

Antes da semeadura, foram incorporados ao solo 400 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo (P) e 200 mg kg<sup>-1</sup> de potássio (K), provenientes das fontes MAP e KCl, respectivamente, e 50 mg kg<sup>-1</sup> do produto FTE BR-12 contendo 9% zinco (Zn), 7,1% cálcio (Ca), 5,7% enxofre (S), 2% manganês (Mn), 1,8% boro (B), 0,8% cobre (Cu) e 0,1% molibdênio (Mo).

A semeadura do arroz foi realizada distribuindo-se 10 sementes viáveis por vaso, a uma profundidade de 2 cm, utilizando-se a variedade de arroz inundado BRS Atalanta (mantendo uma lâmina de água de 5 centímetros). Aos 10 DAE, foi realizado o desbaste,

deixando-se oito plantas por vaso. Aos 15 e 30 DAE, foi realizada a adubação de cobertura parcelada, sendo utilizados  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  por cobertura, totalizando  $200 \text{ mg kg}^{-1}$ , com sulfato de amônio diluído em água a uma concentração de  $5 \text{ g L}^{-1}$  de nitrogênio (N). Foram aplicados 100 mL da solução por vaso. Foram utilizados nos tratamentos dois bioestimulantes à base de extrato de *Ascophyllum nodosum*, via foliar, sendo um produto comercial contendo nutrientes, com as concentrações de 5,7% de Zn, 17% de P, 13% de N e 2,5% de Mn (Produto A), e uma fonte contendo silicato de K enriquecido com Zn, nas concentrações de 1,5% de silício (Si), 1,5% de K e 0,5% de Zn (Produto B); ambos contendo pequenas quantidades de auxina, ácido abscísico e citocininas, especialmente iP e iPR. As plantas foram inoculadas com *Pyricularia grisea* ( $1,5 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$ ), 24 horas após a aplicação do bioestimulante.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, em esquema fatorial  $2 \times 2 \times 2 + 2$ , sendo os tratamentos com ausência e presença de *Pyricularia grisea*, dois produtos (produto comercial e produto em fase de registro), duas doses do bioestimulante ( $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  e  $3,0 \text{ L ha}^{-1}$ ) e duas testemunhas (com e sem inoculação). Foi utilizado um volume de calda de 25 mL por vaso, em aplicação única, no perfilhamento, que ocorreu com 20 DAE (V4).

Foram realizadas as avaliações dos valores de clorofilas A, B e Total, no terço médio das folhas de três plantas por parcela, dez dias após a aplicação dos tratamentos (50 DAE), utilizando-se clorofilômetro portátil, que expressa o teor de clorofila em unidades adimensionais; massa de matéria seca (g) de parte aérea (MSA) e massa de matéria seca (g) de raiz (MSR); teores de macronutrientes e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn) e Si; número de panículas; quantidade de grãos ardidos; peso do grão sem a palha; peso total (grão + palha); peso de grão quebrado e avaliação da nitrato redutase. Para tal, as plantas de cada tratamento foram seccionadas à altura do colo, separando-se a parte aérea da raiz. As folhas e as raízes foram levados para estufa a  $65 \text{ }^\circ\text{C}$ , até atingirem massa constante. Após, foram pesadas em balança de precisão e tiveram extraídos seus teores de macro e micronutrientes foliares, segundo EMBRAPA (2011), e o teor de Si de acordo com Korndörfer et al. (2004). Foram determinados os parâmetros de produtividade, atendendo aspectos tecnológicos previstos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e de homogeneidade das variâncias de Levene, ambos a 0,01 de significância, com o programa SPSS. Em seguida, os dados obtidos foram submetidos a análises estatísticas, utilizando o programa ASSISTAT, onde as médias foram comparadas pelos testes de Tukey e Dunnett, ambos a 0,05 de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 2, os teores de N, S e K da parte aérea do arroz, variedade BRS Atalanta. Nota-se que não houve diferenças significativas entre os produtos analisados e doses avaliadas e entre os tratamentos com e sem inoculação de *Pyricularia grisea*.

Tabela 2 - Teores de nitrogênio, enxofre e potássio ( $\text{g kg}^{-1}$ ) nas folhas de *Oryza sativa*, em função de doses ( $\text{L ha}^{-1}$ ) de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*.

Produtos	Dose	Nitrogênio			Enxofre			Potássio		
		Inoculação		Média	Inoculação		Média	Inoculação		Média
Produto A	1,5	8,60	10,47	9,43	1,40	1,37	1,38	12,17	11,83	12,00
	3,0	13,47	9,60	11,53	1,43	1,67	1,55	12,50	11,50	12,00
Produto B	1,5	8,53	9,10	8,82	2,50*	1,67	2,08	18,00	11,50	14,75
	3,0	9,57	9,50	9,53	1,53	1,43	1,48	12,33	13,17	12,75
Média		10,04	9,62		1,72	1,53		13,75	12,00	
Testemunha		11,1	9,13		1,20	1,37		14,17	11,5	
D.M.S Dunnett		5,11			1,28			6,8		
CV (%)		21,47			34,25			21,97		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*Valores diferentes do controle 1 e + valores diferentes do controle 2, pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Em relação aos teores de N (Tabela 2), observa-se que quantitativamente, de maneira geral, houve um aumento nos teores de N, com o aumento das doses (Tabela 2). De acordo com Raij et al. (1996) o teor de N considerado adequado para a cultura do arroz deve estar em torno de 27 a 35  $\text{g kg}^{-1}$ , deste modo, os teores de N encontram-se abaixo do nível adequado para a cultura do arroz. Segundo Maia et al. (2005), esse efeito é demonstrado quando a taxa de crescimento relativo de matéria seca é superior à taxa de absorção relativa do nutriente e, ainda, outro efeito que contribui para a diminuição dos teores de alguns nutrientes na planta é a translocação do nutriente das folhas mais velhas para o fruto (ou enchimento de grãos), que é um dreno. Isso se deve à grande demanda por N nesses estágios da cultura, devido à formação e desenvolvimento de estruturas reprodutivas, consideradas drenos fortes (FAGERIA, 1999).

Em relação ao K (Tabela 2), os teores observados estão dentro da faixa de suficiência considerada pela CFSMG (1999). Já os teores de S encontram-se fora dos níveis adequados, que, segundo Malavolta (2006), teores adequados encontram-se acima de 2,6  $\text{g kg}^{-1}$ . Observa-se na Tabela 2 que quando inoculado o patógeno e aplicado 1,5  $\text{L ha}^{-1}$  do Produto B, houve

uma maior concentração de S foliar, em relação ao controle 1 (com inoculação e sem aplicação do produto).

A baixa severidade da brusone em panículas de arroz foi associada a altas concentrações foliares de K e Zn e baixas concentrações de N, P e Mg (FILIPPI; PRABHU, 1998), corroborando com os dados de Filippi (1998) que observou baixa concentração de N e baixa severidade da doença, assim como no presente estudo. Em folhas de plantas de laranjeira com sintomas de queda prematura de frutos, Goes e Creste (2000) observaram maiores teores de N e menores teores de Ca, Mg e Zn, quando comparados com os teores desses elementos em folhas saudáveis. Com isso, a inoculação do patógeno pode ter ocasionado esse baixo teor de N nas folhas, não corroborando com o observado neste estudo.

Quanto ao Ca e Mg (Tabela 3), não foram observadas diferenças significativas entre os produtos e doses avaliadas e entre os tratamentos com e sem inoculação de *Pyricularia grisea*. Os teores obtidos para cultivar BRS Atalanta são considerados adequados para a cultura do arroz (CFSMG, 1999; MALAVOLTA, 2006).

Tabela 3 - Teores de cálcio e magnésio ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nas folhas de *Oryza sativa*, em função de doses ( $\text{L ha}^{-1}$ ) de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*.

Produtos	Dose	Cálcio			Magnésio		
		Inoculação		Média	Inoculação		Média
		Com	Sem		Com	Sem	
Produto A	1,5	7,00	7,07	7,03	2,10	2,37	2,23
	3,0	7,60	7,03	7,32	2,37	2,37	2,37
Produto B	1,5	8,37	6,55	7,46	3,23	2,27	2,75
	3,0	7,40	6,67	7,03	2,30	2,70	2,50
Média		7,59	6,83		2,50	2,43	
Testemunha		9,53	7,06		2,80	2,00	
D.M.S Dunnett		4,03			1,35		
CV (%)		22,53			23,04		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Já em relação ao Cu e Mg, não foram observadas diferenças significativas entre os produtos e doses avaliadas e entre os tratamentos com e sem inoculação de *Pyricularia grisea*. De acordo com Scivittaro e Gomes (2016), a faixa de suficiência ideal para estes nutrientes na cultura de arroz irrigado está entre 5 a 20  $\text{mg kg}^{-1}$  e 30 a 600  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente. Sendo assim, os teores de Cu e Mg apresentados nesse trabalho se encontram com valores adequados (Tabela 4).

Tabela 4 - Teores de cobre e manganês ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nas folhas de *Oryza sativa*, em função de doses ( $\text{L ha}^{-1}$ ) de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*.

Produtos	Dose	Cobre			Manganês		
		Inoculação		Média	Inoculação		Média
		Com	Sem		Com	Sem	
Produto A	1,5	6,25	7,78	7,01	292,96	299,61	296,28
	3,0	8,4	6,73	7,57	362,7	348,13	355,42
Produto B	1,5	12,42	5,49	8,96	459,85	286,73	373,29
	3,0	5,96	7,63	6,8	307,24	368,51	337,87
Média		8,26	6,91		355,69	325,75	
Testemunha		9,58	6,67		406,24	258,81	
D.M.S Dunnett		4,78			184		
CV (%)		25,81			22,53		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Na Tabela 5, encontram-se os teores de P e Si, nota-se que houve diferença significativa em relação à inoculação da doença, onde foram observados maiores teores destes nutrientes na presença do patógeno.

Tabela 5 - Teores de fósforo e silício ( $\text{g kg}^{-1}$ ) nas folhas de *Oryza sativa*, em função de doses ( $\text{L ha}^{-1}$ ) de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*.

Produtos	Dose	Fósforo			Silício		
		Inoculação		Média	Inoculação		Média
		Com	Sem		Com	Sem	
Produto A	1,5	1,50	1,40	1,45	8,88	8,20	8,54
	3,0	1,50	1,37	1,43	10,34	7,32 <sup>+</sup>	8,83
Produto B	1,5	2,33	1,47	1,90	11,23	8,93	10,08
	3,0	1,47	1,33	1,40	10,04	7,72	8,88
Média		1,70 a	1,39 b		10,13 a	8,04 b	
Testemunha		1,83	1,23		10,17	8,21	
D.M.S Dunnett		0,74			2,50		
CV (%)		19,90			11,40		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*Valores diferentes do controle 1 e + valores diferentes do controle 2, pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Observa-se na Tabela 5 que os teores de P estão dentro da faixa de suficiência considerada pela CFSMG (1999). O P está particularmente envolvido na transferência de energia, pois o ATP é necessário para a fotossíntese, translocação e muitos outros processos

metabólicos de relevância (SHUMAN, 1994).

Segundo Malavolta (2014), o P apresenta efeito favorável sobre algumas doenças na cultura do arroz e segundo Zambolim et al. (2012) há relatos de redução da incidência de doenças por P e, também, relatos ao contrário, embora aparentemente o P apresente um efeito predominantemente benéfico, pois reduz o efeito de algumas doenças foliares. Porém, altas doses de P sozinho em algumas culturas, têm sido associadas com alta severidade de ferrugens. Em outras palavras, o suprimento de P pode, em certos casos, minimizar o uso de fungicidas trazendo um benefício para a planta, para a qualidade do alimento e para o meio ambiente.

Podemos observar no experimento, que a inoculação aumentou o teor de P nas folhas, mas, segundo Maringoni (2003), não existem padrões de alterações nos teores de nutrientes em plantas infectadas, variando com a planta hospedeira e o patógeno. Apesar de não existir padrões de alterações nos teores nutricionais, algumas pesquisas mostraram redução de severidade de doenças com a aplicação adequada de P (ZAMBOLIN, 2012). De acordo com Graham e Menge (1982), a aplicação de P aumenta o mal-do-pé do trigo (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*), pois esta aumenta o conteúdo de P nos tecidos da planta, e diminui exsudações de aminoácidos.

Assim como o P, houve aumento no teor de Si nas folhas de arroz na presença do patógeno (Tabela 5), com aumento no teor deste nutriente em torno de 20%, em comparação com os teores observados para os tratamentos a sem inoculação. Observa-se na Tabela 5 que sem a inoculação do patógeno, quando aplicado 3,0 L ha<sup>-1</sup> do Produto A, houve uma menor concentração de Si foliar, em relação ao controle 2 (sem inoculação e sem aplicação do produto). Segundo Reis (2008) o silício tem um importante papel sobre o metabolismo do P na planta, uma vez que ambos são absorvidos pelos mesmos sítios na raiz, em virtude da similaridade molecular existente entre as duas formas aniônicas (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> e H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>).

O Si é considerado um elemento benéfico, por proporcionar efeitos positivos para muitas espécies vegetais e de acordo com Epstein e Bloom (2006) e citado por Baliza et al. (2007), em plantas acumuladoras de Si, como o arroz, após a absorção desse elemento pelas plantas, este se polimeriza nas células da epiderme foliar formando uma camada rígida que dificulta o ataque de diversas pragas e doenças, além de ajudar a planta a tolerar mudanças bruscas de temperatura e a tolerar déficit hídrico e toxicidade de alumínio (Al), Fe e Mn. Segundo Zanão e Zambolim (2012), o arroz é considerado uma das plantas que mais acumulam Si em seus tecidos, podendo alcançar teores na parte aérea acima de 100 g kg<sup>-1</sup>.

Dos elementos benéficos, o Si é o que mais tem sido estudado, com resultados

bastante positivos no aumento da resistência das plantas a doenças por sua aplicação. A utilização do Si na agricultura iniciou-se pelo efeito de sua redução nos estresses bióticos sofridos pelas plantas, ou seja, pragas e doenças. São vários os estudos de patossistemas em que são relatados os efeitos do Si na redução da severidade das doenças provocadas pelos mais diversos patógenos, como nematoides, fungos, bactérias e vírus, em diferentes culturas. Em diversos estudos, o Si reduziu a severidade de várias doenças em culturas como arroz, pepino, trigo, videira, morango e cana-de-açúcar. A incidência de doenças é menor quando o teor de Si no tecido da planta é maior (ZANÃO; ZAMBOLIM, 2012).

No caso do arroz, são vários os relatos de sucesso da utilização da fertilização com Si no aumento da resistência a diversas doenças fúngicas, como a brusone [*Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr], a mancha-parda (*Bypolaris oryzae* Breda de Hann, a podridão-do-colmo (*Magnaporthe salvinii* Catt), a queima-das-bainhas (*Rhizoctonia solani*), a descoloração dos grãos (*Fusarium* sp. e outros fungos) e a escaldadura da folha, causada pelo fungo *Monographella albescens* (Trümen). Ainda, significativa redução no comprimento das lesões causadas pela bactéria *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae*, ainda não presente no Brasil, também foi verificada, como também a redução na incidência do nematoide *Meloidogyne* Spp. (ZANÃO, 2012).

Não obstante, Zanão (2012) em experimento realizado em Organossolo, que é naturalmente deficiente em Si, verificou redução significativa na severidade de brusone (na faixa de 30,5%, em relação à testemunha) com aplicação de silicato de cálcio, notando também, um efeito residual no controle dessa doença em safras subsequentes.

O modo pelo qual o Si atua na resistência das plantas a doenças é bastante discutido na literatura. Os primeiros estudos concluem que pela participação do Si na fortificação de estruturas da parede celular e no aumento da lignificação, a resistência é passiva. Esse elemento pode, também, potencializar mecanismos de defesa, como a produção de fitoalexinas e o aumento na atividade de enzimas relacionadas à patogênese. A sílica amorfa, depositada principalmente na parede celular abaixo da cutícula, formando uma camada dupla que aumenta a rigidez da célula dificulta a penetração do fungo. Além disso, a Si pode elevar os conteúdos de hemicelulose e lignina da parede celular e estas, juntas, tornam a parede menos acessível às enzimas de degradação produzidas pelo fungo e à difusão de toxinas (ZANÃO, 2012).

Com relação ao Fe (Tabela 6), observa-se que houve maiores teores deste elemento com a aplicação do Produto B, havendo um incremento de 60% em relação à aplicação do Produto A, independente da inoculação com *Pyricularia grisea*.

Entretanto, de acordo com Scivittaro e Gomes (2016), a faixa de suficiência adequada para o Fe deve estar entre 70-300 mg kg<sup>-1</sup> em arroz irrigado, valores menores do que os encontrados neste estudo. Estudos indicam que o íon ferro pode atuar na ativação de enzimas necessárias para a síntese de compostos antifúngicos (ZAMBOLIM; VENTURA, 1996).

Tabela 6 - Teores de ferro (mg kg<sup>-1</sup>) nas folhas de *Oryza sativa*, em função de doses (L ha<sup>-1</sup>) de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*.

Produtos	Dose	Ferro		Média
		Inoculação		
		Com	Sem	
Produto A	1,5	558,16	467,18	516,15 B
	3,0	482,23	557,04	
Produto B	1,5	1.287,76	626,52	824,98 A
	3,0	592,20	793,43	
Média		730,09	611,01	
Testemunha		706,03	464,24	
CV (%)		39,86		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Com relação aos teores de Zn (Tabela 7), houve diferença significativa entre as doses com a aplicação do Produto B, independente da inoculação. Segundo Scivittaro; Gomes (2016), a faixa de suficiência para esse elemento em arroz irrigado está entre 20 a 100 mg kg<sup>-1</sup>. Sendo assim, os teores analisados se encontram adequados para a cultura.

Tabela 7 - Teores de zinco (mg kg<sup>-1</sup>) nas folhas de *Oryza sativa*, em função de doses (L ha<sup>-1</sup>) de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*.

Produtos	Dose	Zinco		Média
		Inoculação		
		Com	Sem	
Produto A	1,5	60,63	63,44	62,03a
	3,0	87,96	88,97	88,46 a
Produto B	1,5	72,53	93,02	82,78 a
	3,0	54,95	59,95	57,45 b
Média		69,02	76,35	
Testemunha		49,58	44,80	
D.M.S Dunnett		2,91		
CV (%)		6,86		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

O Zn é um micronutriente essencial que serve como cofator enzimático. Além disso, regula todo o crescimento vegetal, uma vez que entra na composição de diversas metaloenzimas e de hormônios essenciais (como principal as auxinas) para o desenvolvimento da planta, apresentando elevada importância (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Segundo Zambolim et al. (2012), o elemento Zn parece ser essencial ao crescimento, à esporulação e à virulência de diversas espécies do gênero *Fusarium*, destacando-se o *F. Oxysporum* f. sp. *Lycopersici* e *F. Oxysporum* f. sp. *cubense* e a aplicação de fertilizantes contendo Zn pode aumentar a produção de toxinas pelo patógeno. Ainda, segundo este autor, o modo de ação do Zn ainda não está esclarecido, sendo um elemento que atua diretamente sobre o patógeno. Sua deficiência acarreta perda da membrana plasmática, o que aumenta a susceptibilidade de doenças fúngicas, podendo também reduzir a concentração de ácido indolacético, sendo o elemento ativador de inúmeras enzimas na planta, como a RNA polimerase.

Alguns estudos demonstram que o Zn também apresenta certa interferência na severidade de algumas outras doenças. Segundo Siddiqui et al. (2002), as doenças de raízes de tomateiro causadas por *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich, *Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani* foram reduzidas pelo aumento das concentrações de Zn, no solo de 0 a 1,6 mg kg<sup>-1</sup>. A podridão-do-carvão de milho, causado por *M. phaseolina*, foi afetada de forma semelhante (PAREEK, 1999). No entanto, de acordo com Smith (1951), a adubação com Zn aumentou os níveis foliares de Zn, mas teve um efeito apenas levemente benéfico contra *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, em tomateiro. O sulfato de zinco usado para corrigir a deficiência reduziu a mela de batateira, causada por *P. infestans* (VISHWAKARMA; SINGH, 1984) e murcha-de-raiz de abacateiros, causada por *Phytophthora* (WHILEY et al., 1991).

Alterações nos teores de macro e/ou micronutrientes em plantas doentes foram observadas em algumas situações. Plantas de *Pseudotuga menziessi*, com sistema radicular infectado pelo nematoide *Xyphinema bakeri*, possuíam menores teores de N, P, K e Mg do que plantas não infectadas (SUTHELAND; SLUGGETT, 1973). Tanabe et al. (1977) observaram em folhas de *Pyrus serotina* com sintomas da doença denominada “yuzuhada” menores teores de nitrogênio, cálcio e boro, e teores mais elevados de potássio e magnésio do que em folhas saudias. Das (1994) constatou redução no teor de clorofila, nitrogênio, fósforo e potássio em folhas de arroz infectadas por *Gerlachia oryzae*. Folhas de *Lathyrus sativus* colonizadas por *Peronospora lathyri-palustris* não apresentaram alterações nos teores de fósforo, potássio e cálcio, mas sim menores teores de nitrogênio e ferro, quando comparadas com folhas saudias (PRASAD et al., 1997), não corroborando com os resultados obtidos no

presente estudo. Em relação às avaliações de clorofila, estas foram realizadas em duas etapas, na fase de perfilhamento (V4) e na fase de alongamento (R4). Na Tabela 8 podemos observar que não houve diferenças entre os tratamentos, independente da inoculação do patógeno e da aplicação dos produtos, nas duas fases avaliadas. Segundo Taiz e Zeiger (2004), a medida indireta de clorofila por meio do clorofilômetro pode ser um método eficiente para auxiliar na determinação do estado nutricional das plantas de arroz, pois cerca de 50 a 70% do N total presente na folha é constituinte da clorofila e está envolvido na carboxilação de enzimas nos cloroplastos e nas reações fotossintéticas. Assim, o teor de clorofila nas folhas, pode proporcionar uma maior eficiência na fotossíntese da planta.

Ainda, conforme Taiz e Zeiger (2004), a clorofila A é o pigmento utilizado para realizar a fase fotoquímica (o primeiro estágio do processo fotossintético), enquanto os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios. Entre os principais pigmentos acessórios, além da clorofila B, presente em vegetais superiores, algas verdes e algumas bactérias, estão também incluídos outros tipos de clorofilas: a clorofila C, em feofitas e diatomáceas; e clorofila D, em algas vermelhas.

Tabela 8 - Valores (SPAD) de clorofila A na fase de perfilhamento (V0) e de alongamento (R4), em folhas de arroz, em função de doses de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*.

Produtos	Dose	Clorofila A (V0)			Clorofila A (R4)		
		Inoculação		Média	Inoculação		Média
		Com	Sem		Com	Sem	
Produto A	1,5	32,27	32,16	32,21	32,05	32,83	32,44
	3	33,07	32,43	32,75	31,41	29,87	30,64
Produto B	1,5	32,01	31,78	31,89	31,73	30,25	30,99
	3	31,52	32,38	31,85	31,67	32,18	31,92
Média		32,22	32,19		31,72	31,28	
Testemunha		29,67	32,80		31,67	32,08	
D.M.S Dunnett		3,70			1,61		
CV (%)		4,80			6,00		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Na Tabela 9, encontram-se os valores obtidos nas avaliações de clorofila B nas fases de alongamento e perfilhamento, na cultivar BRS Atalanta. Observa-se que os valores de clorofila B obtiveram diferenças significativas para as doses com a aplicação do Produto B, na fase de alongamento. Dessa forma, quando aplicada a dose de 1,5 L ha<sup>-1</sup> observou-se um

valor inferior ao comparado com a aplicação da dose de 3,0 L ha<sup>-1</sup>. Quanto à fase de alongamento observa-se que não houve diferença significativa em relação à clorofila B, para os produtos avaliados, doses de bioestimulantes e inoculação, que não influenciaram nos valores (SPAD) de clorofila.

Tabela 9 - Valores (SPAD) de clorofila B na fase de perfilhamento (V0) e de alongamento (R4), em folhas de arroz, em função de doses de bioestimulantes com e inoculação de *Pyricularia grisea*.

Produtos	Dose	Clorofila B (V0)			Clorofila B (R4)		
		Inoculação		Média	Inoculação		Média
		Com	Sem		Com	Sem	
Produto A	1,5	11,23	9,94	10,59	11,36	10,59	10,97A
	3,0	11,09	11,26	11,17	10,87	9,57	10,22 A
Produto B	1,5	10,81	9,32	10,07	9,76	9,17	9,46 B
	3,0	10,59	10,59	10,56	10,27	11,57	10,92 A
Média		10,93	10,26		10,27	10,22	
Testemunha		9,52	10,48		10,67	11,16	
D.M.S Dunnett		0,95			2,18		
CV (%)		10,62			8,63		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Na Tabela 10, encontram-se os valores de massa de matéria seca da raiz (MSR) e massa de matéria seca da parte aérea (MSA). Nota-se que, a aplicação dos bioestimulantes não apresentou diferenças quanto ao incremento de MSR e MSA, independente da inoculação do patógeno. Rodrigues et al. (2015) na avaliação de MSA em plantas de arroz sob sistema irrigado, submetidos à aplicação de diferentes doses de Stimulate®, um bioestimulante composto por auxina, citocinina e giberelina, também não observaram diferenças estatísticas entre tratamentos.

Santos et al. (2013) avaliando os efeitos de bioestimulantes em milho, no tratamento onde se utilizou aplicação em sementes (100 mL/60.000 sementes) e via foliar (0,5 L ha<sup>-1</sup>), em solo corrigido e adubado, verificaram uma maior taxa de crescimento de massa seca de raízes, em torno de 0,17 g dia<sup>-1</sup>. Esses mesmos autores destacaram que, com os resultados deste trabalho, o uso de bioestimulantes estimulou o maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas de milho, possibilitando melhor e maior área de exploração do solo, aspecto que influencia no maior crescimento e no desenvolvimento das plantas tratadas com os bioestimulantes. Esse maior desenvolvimento radicular é atribuído ao estímulo da divisão, diferenciação e alongamento celular. Já Garcia et al. (2009) afirmaram que o uso de

bioestimulantes para a cultura do arroz, resulta em maior crescimento de raízes, somente nas condições de baixo fornecimento de P, ou seja, o bioestimulante interfere consideravelmente no desenvolvimento das raízes quando há menor fertilidade no solo. No entanto, há atualmente na comunidade científica, um debate acerca de a utilização de bioestimulantes em culturas cultivadas em substrato nutricionalmente equilibrado, como no presente estudo.

Tabela 10- Massa de matéria seca de raiz e parte aérea de *Oryza sativa*, em função de doses de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*.

Produtos	Dose	Matéria Seca da Raiz			Matéria Seca Parte Aérea		
		Inoculação		Média	Inoculação		Média
		Com	Sem		Com	Sem	
Produto A	1,5	37,24	45,34	41,29	98,00	100,00	99,00
	3,0	34,40	32,21	33,31	94,61	96,95	95,78
Produto B	1,5	50,44	39,20	44,82	99,18	107,52	103,22
	3,0	38,05	33,29	35,69	94,97	91,60	93,29
Média		40,03	37,51		96,69	98,95	
Testemunha		40,08	34,15		99,71	90,18	
D.M.S Dunnett		4,63			7,07		
C.V.%		14,13			8,54		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Na Tabela 11, encontram-se os valores de grãos ardidos e os teores de nitrato redutase em arroz da variedade BRS Atalanta. Observa-se que a aplicação dos bioestimulantes e a inoculação do patógeno não proporcionaram diferenças significativas entre os tratamentos.

No que diz respeito à avaliação da nitrato redutase, no processo de redução do nitrato a amônio, que é chamado de redução assimilatória do nitrato, é essencial a presença da enzima nitrato redutase. Com isso, a sua falta ou baixa disponibilidade, nas primeiras quatro semanas de vida da planta, faz com que o N seja pouco aproveitado pelo arroz. E segundo Soares (2004), a deficiência de N nessa fase de desenvolvimento da planta compromete a produtividade, prejudicando o desenvolvimento da parte aérea, reduz a competitividade com 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 nitrato redutase e a deficiência de N tende a desaparecer, mas o prejuízo inicial é praticamente irreversível, comprometendo o potencial produtivo do arroz.

Ainda, em estudos realizados pela UFPEL que foram citados por AMATO (2012) demonstram que alguns defeitos como o de grãos ardidos, e que possuem atribuições e

denominações de “defeitos metabólicos”, são prejudiciais à saúde humana. O risco destes é o do desenvolvimento de substâncias nocivas, como toxinas produzidas por fungos, as micotoxinas, algumas delas cancerígenas e/ou produtoras de outros males importantes, daí a importância de se avaliar esse parâmetro em arroz.

Segundo Ferreira et al. (2016), em um experimento sobre produção e qualidade de grãos de milho sob doses de N e bioestimulantes, não foi observado diferença significativa para incidência de grãos ardidos em função da aplicação foliar de bioestimulante. Muller (2013), analisando bioestimulante em plantas de milho, também não observou diferença significativa para porcentagem de grãos ardidos, assim como no presente estudo.

Tabela 11 - Grãos ardidos de *Oryza sativa* e nitrato redutase, em função de doses ( $L\ ha^{-1}$ ) de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*.

Produtos	Dose	Grão ardido			Nitrato Redutase		
		Inoculação		Média	Inoculação		Média
		Com	Sem			Com	
Produto A	1,5	8,89	7,68	8,28	20,64	15,26	17,95
	3,0	7,78	8,26	8,01	18,11	3,15	10,61
Produto B	1,5	8,92	6,46	7,69	21,85	34,60	28,23
	3,0	7,34	6,15	6,75	12,03	2,62	7,33
Média		8,23	7,14		18,16	13,90	
Testemunha		8,13	7,46		15,02	327,35	
D.M.S Dunnett		1,22			15,65		
CV (%)		18,61			107,74		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Na Tabela 12, estão os aspectos produtivos do produto de interesse econômico, que é o grão propriamente dito. Observa-se que não houve diferenças significativas de peso do grão com palha e sem palha, em função das doses e aplicação dos produtos, na presença ou ausência de *Pyricularia grisea*. A massa do grão é um fator importante inerente à produtividade. De acordo com Brasil (1992) e Marcos Filho et al. (1987) citados por Zaratin (2000), a massa hectolétrica e a massa de 100 sementes são influenciadas pela cultivar, dando informações sobre o grau de maturidade e sanidade das sementes, sendo ainda influenciado pelas condições de clima e solo, adubação, sistema de cultivo, grau de umidade e beneficiamento. O rendimento de grãos ( $kg\ ha^{-1}$ ), obtido nas diversas regiões do Sul, indica um elevado potencial produtivo da cultivar BRS Atalanta, superando, em alguns casos, 9,0 toneladas por hectare de grãos secos e limpos (FAGUNDES et al. 2007).

De acordo com o serviço nacional de proteção de cultivares (SNPC) citado por Magalhães e Fagundes (2016), a cultivar BRS Atalanta apresenta em média uma produtividade de 6.800 kg ha<sup>-1</sup>, com potencial produtivo capaz de superar os 10.000 kg ha<sup>-1</sup>. Um dos motivos para uma produtividade relativamente baixa no presente estudo provavelmente está no fato da produção ter sido em vaso, havendo limitação de crescimento da área radicular, limitando a rizosfera.

Matos et al. (2015) obteve baixa resposta de um bioestimulante a base de *Ascophyllum nodosum* em trigo. As diferentes doses não influenciaram a massa de 100 grãos e a produtividade, sendo que o aumento das doses desse bioestimulante causou decréscimo na produtividade em sacas por hectare. Já em milho, Carvalho (2013) observou que doses de 50 e 100 mL de extrato líquido de *Ascophyllum nodosum* aplicado via tratamento de sementes incrementaram 26 em 56 e 62% o número de grãos, respectivamente. Além disso, ainda houve acréscimos de 81 e 102% de massa seca de mil grãos quando aplicados as doses de 50 e 100 mL, respectivamente.

Tabela 12 - Peso do grão de *Oryza sativa* com palha e sem palha, em função de doses (L ha<sup>-1</sup>) de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*.

Produtos	Dose	Peso com Palha			Peso sem Palha		
		Inoculação		Média	Inoculação		Média
		Com	Sem		Com	Sem	
Produto A	1,5	79,50	70,82	75,16	64,87	57,26	61,06
	3,0	80,12	82,32	81,22	64,58	67,18	65,88
Produto B	1,5	89,43	79,32	84,38	72,86	64,34	68,60
	3,0	83,99	82,36	83,17	68,22	67,29	67,75
Média		83,26	78,71		67,63	64,01	
Testemunha		80,25	79,07		65,35	64,17	
D.M.S Dunnett		14,30			11,69		
CV (%)		20,80			20,92		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Na Tabela 13 estão contidos os dados de peso de grãos quebrados e número de panículas.

Tabela 13 - Peso de grãos quebrados e número de panículas de *Oryza sativa*, em função de doses ( $L\ ha^{-1}$ ) de bioestimulantes e inoculação de *Pyricularia grisea*.

Produtos	Dose	Peso Grão Quebrado			Número de Panícula		
		Inoculação		Média	Inoculação		Média
		Com	Sem		Com	Sem	
Produto A	1,5	7,90	10,97	10,46 A	47,67	52,67	50,17
	3,0	9,09	13,88		49,00	52,67	50,83
Produto B	1,5	6,60	11,41	7,07 B	46,67	50,33	48,67
	3,0	5,18	5,10		49,33	49,33	49,33
Média		7,19	10,34		48,17 b	51,13 a	
Testemunha		8,70	888,00		50,00		
D.M.S Dunnett		3,23			2,91		
CV (%)		43,22			6,86		

Médias seguidas por letras distintas, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Observa-se que ocorreram diferenças significativas nos parâmetros avaliados (Tabela 13), sendo que para grão quebrado, o Produto B proporcionou os melhores resultados, com menor número de grãos quebrados. Isso pode ter ocorrido devido ao fato da presença de silicato de potássio em sua composição, pois o silício proporciona um aumento na resistência da parede celular.

Observa-se também que o número de panículas por vaso foi maior na ausência do patógeno (Tabela 13). Segundo Barbosa (2006), a avaliação do número de panículas por metro quadrado é um parâmetro de grande importância, sendo um fator que influencia diretamente sobre a produtividade. Ainda, os prejuízos causados pela brusone são variáveis, dependendo do grau de resistência da cultivar, da época de incidência, das práticas culturais e das condições climáticas. As perdas causadas por brusone nas folhas são indiretas e afetam a fotossíntese e a respiração (BASTIANS et al., 1994). Nas panículas, os danos são diretos, em virtude de seu efeito em diferentes componentes de produção. A relação entre a brusone nas folhas e nas panículas e seu efeito na produção de grãos têm sido estudados em diversos países (PRABHU; FARIA, 1982; PRABHU et al., 1989; TORRES; TENG, 1993; PINNSCHMIDT et al., 1994). Nas Filipinas, Torres e Teng (1993) desenvolveram uma equação de regressão múltipla para determinar as perdas causadas pela severidade do brusone nas folhas e panículas. As perdas estimadas em cinco cultivares de ciclo precoce e cinco de ciclo médio de arroz de terras altas variaram de 15% a 44%, quando a brusone foi parcialmente controlada com fungicidas (PRABHU et al., 1986).

## CONCLUSÕES

O uso de bioestimulantes à base de extrato de *Ascophyllum nodosum*, contendo micronutrientes (Produto A) e silicato de potássio + zinco (Produto B), via foliar, na cultura de arroz inundado, em condições de casa de vegetação, quando inoculados com *Pyricularia grisea*, proporcionam maiores teores foliares de fósforo e silício e menor número de panículas.

A aplicação do bioestimulante contendo silicato de potássio e enriquecido com zinco (Produto B) proporciona maiores teores foliares de ferro e menor peso de grãos quebrados e quando aplicada a dose de  $3,0 \text{ L ha}^{-1}$ , propicia maiores teores foliares de zinco e, na dose de  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ , menores valores de clorofila B na fase de alongamento, independente da inoculação.

A utilização dos bioestimulantes não altera os teores foliares de nitrogênio, enxofre, potássio, cálcio, magnésio, cobre e manganês, clorofila A, massa de matéria seca de raiz e parte aérea, na avaliação de nitrato redutase, quantidade de grãos ardidos, peso total de grãos e peso de grãos sem palha, em função das doses avaliadas e a inoculação de *Pyricularia grisea*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, F. L.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; SILVA, M. P.; SIMIDU, H. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; VALÉRIO, W. V.; ARRUDA, N. Uso de regulador de crescimento em cultivares de feijão de inverno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2 p. 148-154, 2011.
- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; ALBRECHT, A. P. J. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 3 p. 191-198, 2009.
- AMATO, G. W. **Arroz de A a Z, metabólicos, defeitos metabólicos**. Site da Fundação de Ciências e Tecnologia. 2012. Disponível em: <<http://www.fct.rs.gov.br/?model=conteudo&menu=234&id=1754>>. Acesso em: 21 de agosto de 2019.
- BALIZA, D. P.; ÁVILA, F. W.; FRAQUIN, V.; ARAÚJO, J. L. RAMOS, S. J. Efeito da interação silício-nitrogênio sobre o crescimento do arroz. In: XXIII CBCS (CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO), 2007. **Anais...** Gramado – RS, 2007.
- BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado)**. Piracicaba-SP: POTAFÓS, 1987. 120p. (Boletim Técnico, 9).
- BARBOSA, G. T. **Efeito da aplicação de doses de bioestimulante sobre a produção e qualidade fisiológica das sementes de três cultivares de arroz**. 2006. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo.
- BASTIANS, L.; RABBINGE, R.; ZADOKS, J. C. Understanding and modeling leaf blast effects on crop physiology and yield. In: R. S. ZEIGLER, S. A. LEONG e P. S. TENG. **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International, p. 357-380, 1994.
- BEDENDO, I. P. Doenças do arroz. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia**. 3. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997, p. 85-99.
- CARVALHO, M.E.A. **Efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre o desenvolvimento e produção de cultivos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Perspectivas para a agropecuária safra 19/20**. 2020. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-02/producao-de-graos-deve-chegar-2683-milhoes-de-toneladas-diz-conab#:~:text=A%20Companhia%20Nacional%20de%20Abastecimento,ao%20da%20na%2>>

Osafrá%20anterior. >. Acesso em: 20 abr. 2021.

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**. 2011, v.23, p. 371-393. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>>. Acesso em: 26 abr. 2021.

DARIO, G.J.A.; MANFRON, P.A.; BONNECARRÉRE, R.A. G.; DOURADO NETO, D.; MARTIN, T.N.; CRESPO, P.E.N. Controle químico de brusone em arroz irrigado. **Revista da FZVA**, v.12, n.1, p. 25-33, 2005.

DAS, S. R. Chlorophyll content and mineral composition of leaf scald infected rice leaves. **Plant Disease Research**, v. 9, p. 207-208, 1994.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Rio de Janeiro: Sociedade brasileira de ciência do solo, 2006, p. 3-48.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Dados conjunturais do arroz (área, produção e rendimento) Brasil 1986 a 2010**. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/apps/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 28 out. 2019.

FAGERIA, N. K. Nutrição mineral. In: VIEIRA, N. R., SANTOS, A. B. e SANT'ANA, E. P. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, p. 172-199.

FAGUNDES, P. R. R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; FRANCO, D. F.; STEINMETZ, S.; SCIVITTARO, W. B.; PETRINI, J. A.; GOMES, A. S.; MARTINS, J. F. S.; NUNES, C. D. M.; ANDRES, A.; AZAMBUJA, I. H. V. **BRS Atalanta: alternativa para o uso racional da água nas lavouras de arroz irrigado no RS**. Pelotas: EMBRAPA, 2007. 6p. (Circular Técnica, 60).

FERREIRA JR, D.C.; CADELCA JR, R.; SALES, C.G.R.; LANDIM, T.N.; WERLANG, R. C.; BRITO, C.H. Produção e qualidade de grãos de milho sob doses de nitrogênio e bioestimulantes. In: XXXI CNMS (CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO), 2016. **Anais...** Bento Gonçalves-RS, 2016.

FILIPPI, M.C.; PRABHU, A.S. Relationship between panicle blast severity and mineral content of plant tissue in upland rice. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, n. 8, p. 1577-1587, 1998.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Statistical databases**. FAO. 2019. Disponível em: <<http://fao.org/news/archive/news-by-date/2019/en/>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

GARCIA, R. A.; GAZOLA, E; MERLIN, A; BÔAS, R. L. V.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento aéreo e radicular de arroz de terras altas em função da adubação fosfatada e bioestimulante. **Bioscience Journal**, v.25, n.4, p. 65-72, 2009.

GOES, A.; CRESTE, J. E. Uso do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação de folhas de plantas cítricas com sintomas de queda prematura de frutos. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.26, p. 237-240, 2000.

GRAHAM, J. H.; MENGE, J. A. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil phosphorus on take-all disease of wheat. **Phytopathology**, v.72, p. 95-98, 1982.

GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; RIBEIRO, K. S.; PAZUCH, D.; GRANBOSWIKI, M. S.; DAVI, J. J. S.; LAYTER, N. A. Desenvolvimento e produtividade da alface americana em resposta a aplicação de bioestimulante nas mudas no momento do transplantio. In: XLVI CBO (CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA), 2006. **Anais ...** Goiânia - GO, 2006.

MACHADO, A. Q. **Doenças do arroz**. UNIVAG. 2015. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/andretop17/doenas-do-arroz>. Acesso em: 18 de janeiro de 2021.

MAGALHÃES, A.M. de.; FAGUNDES, P. R. **Árvore do conhecimento arroz: cultivar**. EMBRAPA. 2020. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fojvokoc02wyiv80bhgp5povqqj3b.html>. > Acesso em: 26 de abril de 2021.

MALAVOLTA, E. O fósforo na planta e interações com outros elementos. In: **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba, 2009, p. 34-105.

MARINGONI, A. C. Alterações nos teores de macronutrientes em plantas de feijoeiro infectadas por *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.1, p. 217-222, 2003.

MATOS, S. E.; SIMONETTI, A. P. M. M.; OLIVEIRA, E. Uso de produto a base de extrato de algas na cultura do trigo IPR Catuara na região oeste do Paraná. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel. Ed. Esp., p. 138-147, 2015.

MULLER, T. M. **Inoculação de Azospirillum brasiliense associada a níveis crescentes de adubação nitrogenada e o uso de bioestimulante vegetal na cultura do milho**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, Paraná.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; CUNHA, R. C.; SOUZA, M. W. L.; LIMA, L. A. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v.47, n.2, p. 307-315, 2016.

PALANGANA, F. C.; SILVA, E. S.; GOTO, R.; ONO, E. O. Ação conjunta de citocinina giberelina e auxina em pimentão enxertado e não enxertado sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Botucatu, v.30, n.4, p. 751-755, 2012.

PAREEK, S. Effect of macro and micronutrients on charcoal rot disease development of maize induced by *Macrophomina phaseolina*. **Agric. Res**, v.20, p. 129-131, 1999.

- PASCHOLATI, S. F. Fisiologia do parasitismo: como as plantas se defendem dos patógenos. In: AMORIN, L. J.; REZENDE, A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (ed). **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Agr. Ceres, 2011. p. 545-591.
- PINNSCHMIDT, H. O.; TENG, P. S.; YONG, L. Metodologia para quantificar os efeitos da brusone na produtividade do arroz. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Doença de brusone do arroz**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 381-408.
- PRABHU, A. S.; FARIA, J. C.; CARVALHO, J. R. P. Efeito da brusone sobre a matéria seca, produção de grãos e seus componentes, em arroz de sequeiro. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n.5, p. 495-500, 1986.
- PRABHU, A. S.; FARIA, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Comparative yield loss estimates due to blast in some upland rice cultivars. **Fitopatologia Brasileira**, v.14, n.3, p. 227-232, 1989.
- PRABHU, A. S.; FARIA, J.C. Relacionamentos quantitativos entre brusone nas folhas e panículas e seus efeitos sobre enchimento e peso de grãos em arroz de sequeiro. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 219-223, 1982.
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; RIBEIRO, A. S. Doenças e seu controle. In: VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B. & SANTANA, **A cultura do arroz no Brasil**. Goiás: Embrapa – Arroz e Feijão, 1999, p. 262-307.
- PRASAD, B. K.; DAYAL, S.; SINHA, N. P.; SINGH, S. P.; KUMAR, S. PRASAD, R. L. Change in mineral content in *Lathyrus sativus* infected with *Peronospora lathyri-palustris*. **Indian Phytopathology**. Bodh Gaya, v.50, n.1, p. 65-67, 1997.
- REIS, M. A.; ARF, O.; SILVA, M. G.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Aplicação de silício em arroz de terras altas irrigado por aspersão. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.1, p. 37-43, 2008.
- RODRIGUES, L. A.; BATISTA, M. S.; ALVAREZ, R. C. F.; LIMA, S. F.; ALVES, C. Z. Avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulantes. **Revista Nucleus**, Ituverava, v.12, n.1, p. 207-214, 2015.
- SANGSTER, A. G.; HODSON, M. J.; TUBB, H. J. Silicon deposition in higher plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. **Silicon in agriculture**. Amsterdam: s.n., 2001, p. 85-113.
- SANTOS, A. A.; STONE, L. F.; FAGERIA, N. K.; PRABHU, A. S.; MAH, M. G. C.; AQUINO, A. R. L.; AJIMURA, G. M.; BARBOSA, F. M. P.; ZIMMERMANN, F. J. P.; CARVALHO, J. R. P.; OLIVEIRA, A. B.; FILHO, A. S. Efeito do conjunto de técnicas aplicadas ao sistema de produção do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 6, p. 835-845, 1982.
- SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; GONÇALVES, A. H.; VARANDA, M. A.

F.; TAUBINGER, M. Uso de Bioestimulantes no crescimento de plantas de *Zea mays L.* **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Gurupi, v. 12, n. 3, p. 307-318, 2013.

SANTOS, W. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; GONÇALVES, A. H.; SOUSA, D. C. V.; SILVA, A. R. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de soja. **Revista Verde**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 512-517, 2017.

SCIVITTARO, W. B.; GOMES, A. S. Árvore do conhecimento arroz: correção do solo e adubação. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. 2016. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fojvokoc02wyiv80bhgp5p7b35z48.html>> Acesso em: 21 de janeiro de 2018.

SHUMAN, L. M. Mineral Nutrition. In: WILKINSON, R. E. **Plant-environment interactions**. New York: Marcel Dekker, 1994, p. 149-182.

SIDDIQUI, I. A.; SHAUKAT, S. S.; HAMID, M. Role of zinc in rhizobacteria-mediated suppression of root-infecting fungi and root-knot nematode. **Journal of Phytopathology**, v.150, n. 10, p. 569-575, 2002.

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

SOUZA, N. S.; FEGURI, E.; PAIVA, P. J. R.; BORGES, V. E.; SILVA-LOBO, V. L. Efeito do silício na redução da severidade do brusone em arroz. In: XLIX CBCF (CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA), 2016, **Resumos...** Maceió – AL, 2016.

STEINER, F.; PAVAN, F. O. B. Benefícios dos bioestimulantes na produção de mudas de alface. In: OLIVEIRA, M. L. **Revista Campo e Negócios – Hortifruti**, Ourinhos, v.30, n.8, p.05-30, 2015.

SUTHELAND, J. R.; SLUGGETT, L. J. Corky root disease of douglas fir: relation of xyphinema bakei nematods to symptoms severity, and observation of seedling tissue and soil nutrients. **Canadian Journal of Forestry Research**, Ottawa, v.3, p. 299-303, 1973.

TAIZ, L.; ZIEGLER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TANABE, K. HAYASHI, S.; HIRATA, N.; SETO. Studies on yuzuka disorder of nijisseiki pear fruit (*Pyrus serotina*). IV relationship between mineral nutrient content and occurrence of the disorder. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Sakyo-ku, v.45, p. 335-341, 1977.

TORRES, C. Q.; TENG, P. S. Path coefficient regression analysis of the effects of blast on rice yield. **Crop Protection**. Surrey, v.12, n.4, p. 296-302, 1993.

VISHWAKARMA, S. N.; SINGH, R. S. Possible control of the potato late blight with zinc-sulfate and lime mixture. **Indian J. Agric. Sci.** v.54, p. 655-774, 1984.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz, composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p.1184-1192, 2008.

WHILEY, A. W.; PEGG, K. G.; SARANAH, J. B.; LANGDON, P. W. Correction of zinc and boron deficiencies and control of Phytophthora root rot of avocado by trunk injection. **Aust J. Exp. Agric.** v. 31, p. 575-578, 1991.

YOSHIDA, S.; OHNISHI, Y.; KITAGISHI, K. Chemical forms, mobility and deposition of silicon in rice plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokio, v.1, n.8, p. 15-21, 1962.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Resistência as doenças induzidas pela nutrição mineral das plantas. Informações Agronômicas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.75, p. 1-16, 1996.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; ZANÃO, L. A. J. **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas**. Viçosa: UFV, 2012. p. 83-263.

ZARATIN, C. **Doses e parcelamento de potássio em quatro cultivares de arroz irrigados por aspersão**. 2000. Monografia (Graduação) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.