



**INFLUÊNCIA DO THIDIAZURON E DA INOCULAÇÃO COM
Azospirillum brasilense NO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE
DO ARROZ DE TERRAS ALTAS**

L. M. Garé*, F. S. Buzo, O. Arf, J. R. Portugal, T. L. S. Silveira, F. C. Meirelles

UNESP – Universidade Estadual Paulista, FEIS, Campus de Ilha Solteira, SP, Brasil

Article history: Received 10 September 2017; Received in revised form 29 October 2017; Accepted 30 October 2017; Available online 27 December 2017.

RESUMO

A inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* pode contribuir com o fornecimento de nitrogênio (N) e com o crescimento das plantas, pois esses microrganismos são também promotores de crescimento. Por outro lado a aplicação nas doses e épocas adequadas do regulador vegetal de efeito citocinínico thidiazuron (TDZ) pode vir a beneficiar a produtividade de grãos. Dessa maneira, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de TDZ sobre a produtividade do arroz, na presença e ausência da inoculação foliar com *Azospirillum brasilense*. Foi utilizada a cultivar ANa 5015, no delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro doses de TDZ (0,0; 0,5; 1,0 e 1,5g ha⁻¹) aplicadas por ocasião do perfilhamento, 30 DAE, e da aplicação de *Azospirillum brasilense* (presença ou ausência) em dose fixa aos 20 DAE. Verificou-se que a cultivar ANa 5015 não se mostrou responsiva para a inoculação foliar com *Azospirillum brasilense* na dose de 200 mL ha⁻¹. Para as doses de TDZ aplicadas via foliar, houve uma variação significativa na altura de plantas, cuja dose de 0,41 g ha⁻¹ resultou na altura máxima de 1,11 m. Não houve efeito das doses de TDZ na produtividade, massa de 100 grãos, número de panículas por m², grãos por panícula e massa hectolétrica.

Palavras-chave: bactérias diazotróficas, irrigação por aspersão, *Oryza sativa L.*, thidiazuron

**INFLUENCE OF THIDIAZURON AND INOCULATION WITH *Azospirillum
brasilense* IN THE GROWTH AND PRODUCTIVITY OF HIGHLAND RICE**

ABSTRACT

Inoculation with bacteria of *Azospirillum* genus may contribute with the nitrogen (N) supply and the plant growth, since these microorganisms are also growth promoters. On the other hand the application in the appropriate doses and times of the plant regulator of cytokinin effect thidiazuron (TDZ) may benefit grain yield. Thus, the goal of this work was to evaluate the TDZ dose effect on rice yield, in the presence and absence of leaf inoculation with *Azospirillum brasilense*. The cultivar ANa 5015 was used in the experimental design of randomized blocks in a 4 x 2 factorial scheme, four TDZ (0,0; 0,5; 1,0 and 1,5g ha⁻¹) doses applied on the occasion of tillering, 30 DAE, and the application of *Azospirillum brasilense* (presence or absence) at a fixed dose at 20 DAE. It was verified that the cultivar ANa 5015 was not responsive to the leaf inoculation with *Azospirillum brasilense* at the dose of 200 mL ha⁻¹. For TDZ doses applied via leaf, there was a significant variation in plant height, whose

* lucasmgare@gmail.com

dose of 0.41 g ha⁻¹ resulted in a maximum height of 1.11 m. There was no TDZ rate effect on yield, mass of 100 grains, number of panicles per m², grain per panicle and hectolitic mass.

Keywords: diazotrophic bacteria, sprinkler irrigation, *Oryza sativa* L., thidiazuron

INTRODUÇÃO

Dentre as poáceas, a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) se destaca por ser a terceira maior cultura cerealífera do mundo. No Brasil, mesmo sendo um alimento quase que indispensável às refeições diárias, sua área cultivada na safra 2016/17, aponta redução de 0,8% em relação à safra passada, principalmente devido à redução de áreas no sistema de terras altas. Em contrapartida, observa-se o aumento no cultivo em área irrigada, o que explica a estimativa de aumento na produtividade em 13,8%. Nesta safra a produção deve chegar a 11.966 mil toneladas, aumento de 12,9% em relação à safra passada (CONAB, 2017).

O uso de adubo nitrogenado em especial nas gramíneas representa o maior custo entre os fertilizantes. Ao longo dos tempos, verifica-se intensiva utilização de adubação nitrogenada mineral, ocasionando vários problemas ambientais como a contaminação das águas e do solo com nitratos (CAMPOS et al., 2003). O N faz parte das moléculas orgânicas para desempenhar suas funções nas plantas, sendo componente estrutural de macromoléculas e constituinte de enzimas, participando da composição de hormônios vegetais, clorofila e citocromos e ácidos nucleicos (MALAVOLTA et al., 1997; FAQUIN, 2005).

De acordo com Reis (2007) atualmente vem-se buscando alternativas que auxiliam no aumento da eficiência no uso de insumos, entre elas a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN), realizada por bactérias diazotróficas, sendo que estas vêm se tornando uma das alternativas que contribuem na redução da aplicação de insumos e melhor aproveitamento destes. As bactérias diazotróficas associativas interagem com ampla variedade de plantas incluindo cereais de importância agrícola e

econômica. Algumas bactérias podem estabelecer associação endofítica, ou seja, são capazes de colonizar espaços internos da planta e, além de fixar N, podem proporcionar condições apropriadas para proteger o complexo da nitrogenase à exposição ao oxigênio (SANTI et al., 2013).

Um dos gêneros de bactérias promotoras de crescimento, capazes de realizar a fixação biológica de N atmosférico (N₂) é o gênero *Azospirillum*. Como se trata de bactérias associativas, apenas uma parte do N fixado é disponibilizado para as plantas, o restante pode ser absorvido após a mineralização das bactérias (HUNGRIA, 2011).

Muitos experimentos de inoculação utilizando as espécies do gênero *Azospirillum* foram realizados em diferentes países para avaliar o efeito sobre o rendimento das plantas, sendo observado melhor desenvolvimento radicular, o que melhora a absorção de água e nutrientes (BALDANI et al., 1997). Alguns autores observaram que quando associadas ao sistema radicular, essas bactérias podem, eventualmente, promover incrementos na produtividade de cereais e de gramíneas forrageiras. Indiretamente, as bactérias do gênero *Azospirillum* podem agir no crescimento vegetal, mas as associações dessas bactérias com a planta hospedeira dependem do genótipo vegetal e de condições específicas do solo (ARAUJO, 2008; HUNGRIA, 2011; GONÇALVES et al., 2012; e MORAIS, 2012).

Por outro lado, existem alguns grupos de hormônios vegetais, como o das citocininas, que se aplicados nas doses e épocas adequadas, podem promover aumento na produtividade, por estimular a mobilização de nutrientes, por estabelecer drenos fortes que são mais favorecidos na competição por nutrientes, fazendo com

que haja concentração nas áreas tratadas, em função da maior vascularização nessa região (TAIZ & ZEIGER, 2013).

O thidiazuron (TDZ) (N-fenil-N'-1,2,3-tiadiazol-5-ilurea), uma fenilureia do mesmo grupo do forclorfenuron, é um regulador vegetal que apresenta ação similar à da citocinina (HENNY & FOOSHEE, 1991). Segundo Alves et al. (2015) a aplicação deste regulador na

cultura do arroz beneficia a produtividade de grãos, numa relação positiva e linear em função das doses utilizadas no cultivar BRS Esmeralda.

Dessa maneira, o trabalho objetivou avaliar o efeito de doses de TDZ sobre a produtividade do arroz, na presença ou ausência da inoculação foliar com *Azospirillum brasilense*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no ano agrícola de 2015/16 em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada em Selvíria-MS, situada a 20°20' de latitude Sul e 51°24' de longitude Oeste de Greenwich, com elevação aproximada de 335 metros. O solo do local é um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (SANTOS et al., 2013), originalmente ocupado com vegetação de

Cerrado. O clima da região é do tipo Aw segundo a classificação Köppen apresentando temperatura anual máxima de 31 °C e temperatura anual mínima de 19 °C, e com precipitação pluviométrica anual média de 1.313 mm (PORTUGAL et al., 2015), umidade relativa do ar média anual entre 70% e 80% (CENTURION, 1982). Os dados referentes à precipitação pluviométrica e temperaturas mínimas e máximas do ar no período da condução do experimento são apresentados na Figura 1.

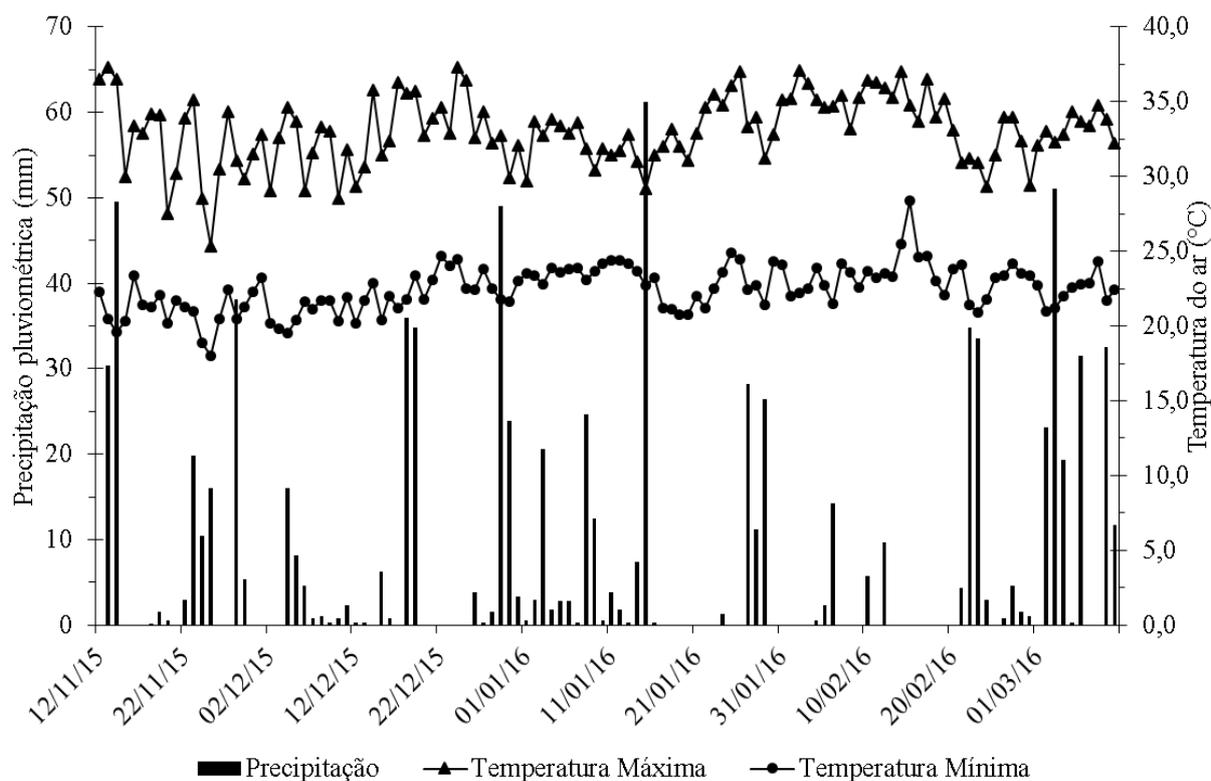


Figura 1. Dados de precipitação pluviométrica e temperatura mínima e máxima do ar (Selvíria, MS, Brasil, 2015/16). Fonte: Elaborado pelos autores. Valores fornecidos pela Estação Agrometeorológica da FEPE, Selvíria-MS.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, disposto em esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na combinação da aplicação foliar em dose fixa de 200 mL ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense* (presença ou ausência) e de quatro doses de TDZ (0,0; 0,5; 1,0 e 1,5g ha⁻¹). O inoculante utilizado apresentava 2x10⁸ células viáveis por grama do produto comercial, com as estirpes Ab-V₅ e Ab-V₆. As parcelas foram formadas por cinco linhas de 5,0 m de comprimento, com espaçamento entrelinhas de 0,35m. Foram consideradas como área útil as duas linhas centrais de cada parcela.

Realizou-se o preparo convencional do solo, por meio de arações e gradagens. No dia 12 de novembro de 2015 semeou-se na área usando sementes tratadas com imidacloprido + tiodicarbe (45 g + 135 g de i.a. 100 kg⁻¹ de sementes) visando o controle de cupins e lagarta elasmó. De acordo com Arf et al. (2000), o mês de novembro é o mais adequado para a obtenção de boas produtividades da cultura do arroz na região de Selvíria - MS. Realizou-se a adubação no sulco de semeadura com 150 kg ha⁻¹ de 04-30-10 na formulação NPK. A emergência das plântulas ocorreu no dia 17 de novembro de 2015. A cultivar usada foi a ANa 5015, cujo potencial produtivo informado situa-se em torno de 5.000 kg ha⁻¹, tem porte médio, ciclo de 92 dias, grãos do tipo longo-fino e resistência ao acamamento.

No manejo de água, utilizou-se três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase vegetativa foi usado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva, foram usados dois coeficientes de cultura, sendo o inicial de 0,70 e o final de 1,00 e para a fase de maturação estes valores serão invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70. O fornecimento de água foi realizado por sistema fixo de irrigação por aspersão, com precipitação média de 3,3 mm hora⁻¹ nos aspersores (RODRIGUES et al., 2004).

A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada, aplicando-se a primeira parcela aos 17 dias após a emergência (DAE), no dia 04 de dezembro de 2015 com 40 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte o sulfato de amônio; e a segunda parcela, por sua vez, foi realizada aos 48 DAE, no dia 04 de janeiro de 2016, com 50 kg ha⁻¹ de N na formulação NPK 20-00-20.

As plantas daninhas foram controladas por meio de uma pulverização de 1.400 g ha⁻¹ de pendimethalin em pré-emergência, logo após a semeadura, e uma posterior aplicação de 2,2 g ha⁻¹ de metsulfurom metílico, aos 21 DAE. Posteriormente, foi ainda necessário a realização de duas capinas manuais até o fim do ciclo da cultura.

A aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* foi realizada dia 14 de dezembro de 2015, aos 20 DAE, na forma de jato dirigido, com pulverizador manual tipo costal, utilizando-se bico cônico tipo TX-VS2, com volume de calda aproximado de 300 L ha⁻¹. As doses do TDZ foram aplicadas por ocasião do perfilhamento, 16 de dezembro de 2015, aos 30 DAE, também na forma de jato dirigido.

A colheita do arroz foi efetuada manualmente e individualmente por unidade experimental, dia 25 de fevereiro de 2016, aos 101 DAE, colhendo-se duas linhas centrais de cada parcela. A seguir, realizou-se a trilha mecânica e, posteriormente, os grãos de cada parcela foram colocados em bandejas para secagem natural à sombra e consequente redução da umidade para próximo de 13%.

Durante a condução do experimento e após sua colheita, realizaram-se as seguintes avaliações:

- Altura das plantas: Determinada pela média da distância compreendida desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta de 3 pontos ao acaso dentro da área útil de cada parcela;

- Número de panículas por metro quadrado: Determinado pela contagem do número de panículas de 1,0 m de fileira de

plantas na área útil das parcelas e posteriormente estimado para a quantidade por metro quadrado;

- Número total de grãos por panícula: Obtido através da contagem do número de grãos de 20 panículas, coletadas no momento da colheita, em cada parcela;

- Número de grãos cheios e chochos por panícula: Determinado através da contagem do número de grãos cheios e chochos de 20 panículas após separação dos mesmos por fluxo de ar;

- Massa de 100 grãos: Avaliado pela coleta ao acaso e pesagem de uma amostra de 100 grãos de cada parcela (13% base úmida);

- Produtividade de grãos: Determinada por meio da pesagem dos grãos em casca, provenientes das duas

linhas colhidas da área útil das parcelas, corrigindo-se a umidade para 13% (base úmida) e convertendo em kg ha^{-1} ;

- Massa hectolétrica: Avaliada em balança especial para massa hectolétrica, com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida), utilizando-se uma amostra por parcela.

Primeiramente realizou-se o diagnóstico para a análise de variância, verificando a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade. Na sequência, os dados foram avaliados por meio da análise de variância pelo teste F. Finalmente, quando o valor de F foi significativo ao nível de 5 % de probabilidade, realizou-se regressão polinomial, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Tabela 1 as médias dos valores de altura de plantas, número de panículas por m^2 , grãos cheios por panícula, grãos chochos por panículas e

total de grãos por panículas do arroz em função da inoculação foliar com *Azospirillum brasilense* e da aplicação das diferentes doses do TDZ.

Tabela 1. Altura de plantas, número de panículas por m^2 , grãos cheios por panícula, grãos chochos por panícula e total de grãos por panícula do arroz cv. ANa 5015 em função da inoculação foliar com *Azospirillum brasilense* (A) e a aplicação do regulador vegetal TDZ (T). Safra 2015/16, Selvíria, MS.

Tratamentos	Altura (m)	Panícula m^{-2}	Cheios	Chochos	Total
<i>Azospirillum brasilense</i>					
Com	1,10	196	116	36	152
Sem	1,09	188	113	34	147
Doses de TDZ					
0,0	1,10	186	110	34	144
0,5	1,13	196	117	36	153
1,0	1,08	189	116	37	153
1,5	1,06	197	114	33	147
Teste F					
A	0,55 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,91 ^{ns}
T	3,19*	0,13 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,32 ^{ns}
A x T	1,26 ^{ns}	0,15 ^{ns}	2,19 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,98 ^{ns}
D.M.S	0,04	31,30	7,9	6,36	7,99
CV	4,35	22,16	9,39	24,74	7,28
Média Geral	1,10	192	114	35	149

ns: não significativo pelo teste F; *significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; DMS: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV: coeficiente de variação.

Nota-se que a altura das plantas não foi afetada pela inoculação foliar com *Azospirillum brasilense*, na qual as médias de ambos os tratamentos ficaram bem próximas entre si. Já Valazco & Castro (1999) observaram, em experimentos conduzidos em casas de vegetação, que a inoculação com *Azospirillum brasilense* resultou em aumento na altura das plantas apenas até a fase de formação da panícula. Mas, contrariando tal resultado, Kuss et al. (2007) relatam que não observaram influência significativa das bactérias na altura das plantas de arroz. Do mesmo modo, Garcia (2017), verificou que a inoculação de arroz com *Azospirillum brasilense* não interferiu na altura de plantas.

Já as doses de TDZ mostraram influência significativa na altura das plantas de arroz, de modo que a altura de plantas se ajustou a uma regressão quadrática, que pode ser visualizada na Figura 2. O ponto de máximo dessa regressão se encontra na dose de 0,41 g ha⁻¹ do TDZ, resultando numa altura aproximada de 1,11 m. Porém, Alves et al. (2015), trabalhando com as cultivares BRS Esmeralda e IAC 202 e com doses do TDZ, não encontraram influência do mesmo para a altura das plantas em ambas as cultivares e Dario et al. (2004), trabalhando com um fitoregulador à base de citocinina, auxina e giberelina, em arroz conduzido sob sistema de irrigação por inundação, também não obtiveram diferença significativa para a altura de plantas. Também não houve interação significativa entre as doses do TDZ e a inoculação foliar com *Azospirillum*

brasilense no que se refere à altura de plantas.

O crescimento em altura de uma planta se deve basicamente à divisão celular no meristema apical do caule e posterior alongamento celular. As citocininas estimulam a divisão celular e ajudam a manter uma população estável de células iniciais indeterminadas no meristema apical do caule. Afirma-se ainda que altas concentrações de citocinina promove crescimento da parte aérea (TAIZ e ZEIGER, 2013). Desse modo, pode-se dizer que a altura de plantas foi afetada pela aplicação de TDZ no presente trabalho devido ao fato deste regulador estimular a divisão celular.

Porém a literatura também relata que a aplicação exógena de citocinina em coleótilos de trigo promoveu seu alongamento quando seus tecidos ainda estavam jovens e apresentando divisão celular. Porém notou-se que o alongamento foi consequência não de uma maior divisão celular, mas sim de um alongamento maior das células (WRIGHT, 1966). Assim, pode-se dizer que a altura de plantas foi afetada pela aplicação de doses do TDZ porque o regulador estimulou a divisão celular e/ou o alongamento das células recém-formadas do meristema apical do caule. A redução da altura de plantas após o ponto de máximo também é justificável visto que o TDZ foi desenvolvido originalmente para ser usado em concentrações altas, como desfolhante do algodoeiro (ARNDT et al., 1976). Ou seja, doses excessivas do regulador prejudicam a planta.

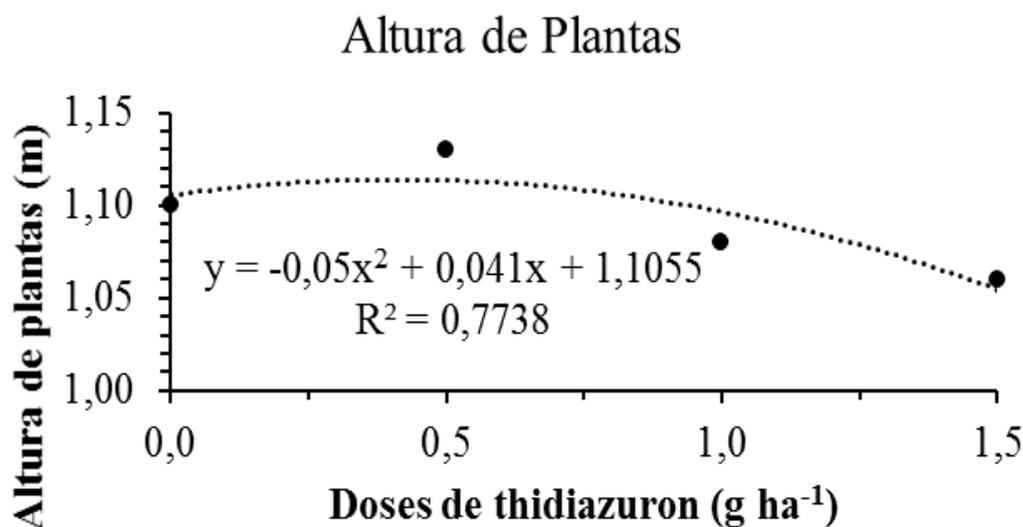


Figura 2. Altura de plantas do arroz de terras altas irrigado por aspersão, em função das doses de TDZ por ocasião do perfilhamento. Selvíria (MS), Brasil, 2016.

É importante ressaltar que plantas de arroz mais altas são mais suscetíveis ao acamamento, o que gera perdas pré-colheita, reduzindo a quantidade e a qualidade dos grãos colhidos. Esse é um problema tão relevante que diversos trabalhos têm sido realizados para minimizá-lo, dentre eles o uso do etil-trinexapac para redução do crescimento das plantas, sem prejudicar a produtividade da cultura (YAMASHITA, 2013). No presente trabalho, notou-se que o TDZ aumentou a altura das plantas, mas isso não resultou em acamamento de nenhum tratamento. Mas, com o efeito do TDZ na altura de plantas aqui observado, pode-se dizer que seu uso pode ser interessante em doses maiores (neste caso, em doses maiores que 0,41 g ha⁻¹) para atuar como regulador de crescimento, assim como se tem feito com o etil-trinexapac. Doses menores, por sua vez, não se mostram interessantes, por promoverem maior crescimento das plantas e, conseqüentemente, maior suscetibilidade ao acamamento.

Observa-se que não houve efeito significativo da inoculação com *Azospirillum brasilense* na quantidade de panículas m⁻². Esse resultado também foi verificado por Chaves et al. (2016), que não obtiveram diferença estatística da inoculação com *Azospirillum brasilense*

em relação ao tratamento com N-mineral na quantidade adequada. Gitti et al. (2012), ao trabalhar com a inoculação, diferentes coberturas vegetais e doses de N, com a cultivar ANa 5011 na região de Selvíria - MS, notaram que a inoculação com *Azospirillum brasilense* não influenciou o número de panículas m⁻², mas houve interação entre a inoculação e as coberturas vegetais para essa mesma variável.

Do mesmo modo, a aplicação de TDZ também não afetou essa mesma variável em nenhuma das doses testadas. No trabalho de Alves et al. (2015), com doses do mesmo regulador vegetal, nas cultivares BRS Esmeralda e IAC 202, também não foram verificadas influências do TDZ nessa característica. Também não houve interação da inoculação bacteriana com as doses do regulador para esta característica.

As citocininas promovem a proliferação celular dos meristemas laterais, quebram a dormência de gemas em videira e macieira e facilitam a proliferação de múltiplos brotos em algumas culturas (GAIRI e RASHID, 2004; SRIVATANAKUL et al., 2000), incluindo o arroz (YOOKONGKAEW et al., 2007) e outras espécies como feijão (MOHAMED et al., 2006) e trigo (SHAN et al., 2000). Liu et al., (2011) indicam que o desenvolvimento de gemas que originam

perfilhos nas plantas de arroz é estimulado pela citocinina, de modo que o aumento no nível desses hormônios favorece o perfilhamento. Zulkarnain et al. (2013) também mostra que a aplicação de citocinina na cultura do arroz aumenta o número de perfilhos e de panículas, mas nesse caso sob condições de solo saturado.

Segundo Salisbury e Ross (2013) se o nível de citocinina estiver em quantidade suficiente (raramente estão em quantidades limitantes), faz com que uma aplicação exógena não aumente o perfilhamento. Outro fator importante está relacionado ao momento da aplicação do TDZ que, se for feita após a definição do número de gemas que originarão os perfilhos da planta de arroz, não é capaz de incrementar a variável em questão, como afirmam Alves et al. (2015).

Para o número de espiguetas cheias, chochas e espiguetas totais por panícula, também verificou-se que a inoculação com *Azospirillum brasilense* não resultou em alterações significativas destas características. Garcia (2017), usando a cultivar BRS Esmeralda, também não verificou influência da inoculação com *Azospirillum brasilense* no número de espiguetas por panículas e nem na fertilidade das espiguetas (que é uma relação entre espiguetas cheias e chochas). Do mesmo modo, Gitti et al. (2012) não obtiveram alteração nos valores de espiguetas granadas e espiguetas chochas em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e nem mesmo interação da inoculação com as coberturas e as doses de N usadas.

As mesmas variáveis também não foram afetadas pelas doses de TDZ utilizadas neste trabalho. No entanto, esses resultados divergem dos dados observados por Alves et al. (2015), que com a dose de 0,9 g ha⁻¹ obtiveram incremento de 13,4 % na quantidade de espiguetas por panícula, em comparação ao tratamento testemunha. Isso pode se justificar devido ao fato deste experimento ter sido conduzido em uma safra agrícola diferente da de Alves et al. (2015). Também não houve interação entre os dois fatores para as variáveis citadas.

Dentre os efeitos do TDZ como regulador citocinínico está o de retardar a senescência foliar e conseqüentemente estender a produtividade fotossintética das plantas, promover a mobilização de nutrientes para as regiões tratadas por formar uma nova relação fonte-dreno, melhorando a qualidade frutos, como morango e videira (TAIZ e ZEIGER, 2013; GUARDIOLA et al., 1993; SUTTER et al., 1997; SUDARSONO e GOLDY, 1991; VIEIRA et al., 2008). Além disso, a enzima citocinina oxidase é responsável por degradar a citocinina na panícula da planta de arroz, prejudicando o enchimento dos grãos (ASHIKARI et al., 2005). Dessa forma, era esperado que a aplicação de TDZ como citocinina exógena incrementasse a quantidade de espiguetas cheias e totais de uma panícula e reduzisse a quantidade de espiguetas chochas, assim como foi obtido por Alves et al. (2015).

Mas a literatura também afirma que situações desfavoráveis como o estresse hídrico promovem desbalanceamento de fitormônios durante o enchimento de grãos de arroz, de modo que ocorre diminuição das auxinas e citocininas, fazendo com que os grãos não recebam quantidades adequadas de fotoassimilados (XU et al., 2007). E já foi verificado, em uma comparação entre variedades de arroz japônica e indica, que a indica difere drasticamente da primeira, produzindo muito mais grãos na panícula principal, justamente por ter menor expressão do gene da citocinina oxidase, resultando em maiores níveis de citocinina na inflorescência, que forma mais órgãos reprodutivos.

A ideia de que os níveis endógenos de citocinina são adequados para a planta e que, por isso, não é responsiva a aplicações exógenas somada à possibilidade da cultivar BRS Esmeralda ter também uma baixa expressão do gene da citocinina oxidase, resultando em menor degradação desse fitormônio, justifica a ausência de resultados para tais variáveis em função da aplicação de TDZ. Observando a relação entre estresses ambientais com níveis de citocinina na planta, também pode-se supor

que na safra agrícola deste trabalho, diferentemente da safra do trabalho de Alves et al. (2015), as condições ambientais não foram desfavoráveis o suficiente para o arroz, de modo a reduzir seus níveis internos de citocinina e, conseqüentemente permitir resultados positivos com a aplicação do TDZ. Ou seja, o cultivo foi realizado em condições

satisfatórias que não prejudicaram o nível endógeno desse hormônio na planta.

Verificam-se na Tabela 2 as médias dos valores de massa hectolétrica, massa de cem grãos e produtividade da cv. ANa 5015 em função da inoculação foliar com *Azospirillum brasilense* da aplicação das doses do TDZ.

Tabela 2. Massa hectolétrica, massa de cem grãos e produtividade do arroz cv. ANa 5015 em função da inoculação foliar com *Azospirillum brasilense* (A) e a aplicação do regulador vegetal TDZ (T). Safra 2015/16, Selvíria, MS.

Tratamentos	Massa hec. kg 100 L ⁻¹	Massa de cem grãos	Produtividade kg ha ⁻¹
<i>Azospirillum</i>			
Com	57,64	2,82	4.362
Sem	57,92	2,87	4.177
Doses de TDZ			
0,0	58,51	2,78	4.431
0,5	57,26	2,87	4.445
1,0	57,88	2,82	4.325
1,5	57,45	2,90	3.877
Teste F			
A	0,46 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,33 ^{ns}
T	1,82 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,69 ^{ns}
A x T	1,51 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,29 ^{ns}
D.M.S	0,86	0,10	670,28
CV	2,02	4,86	21,35
Média Geral	57,78	2,84	4.270

ns: não significativo pelo teste F; DMS: diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV: coeficiente de variação.

Como se pode observar a massa hectolétrica, a massa de cem grãos e a produtividade não foram afetadas pela inoculação foliar com *Azospirillum brasilense*. Goes (2012), inoculando sementes de arroz com *Azospirillum brasilense* também não verificou diferenças significativas para a massa hectolétrica, massa de cem grãos e produtividade da cultura, assim como o presente trabalho. Por sua vez, Garcia (2017) verificou que a inoculação com *Azospirillum brasilense* influenciou significativamente a massa de cem grãos e a produtividade do arroz, de modo que a inoculação reduziu a massa de cem grãos e aumentou a produtividade da cultura, sem

afetar a massa hectolétrica. A influência da inoculação com *Azospirillum brasilense* na produtividade do arroz também foi verificada por Rodrigues et al. (2015) ao trabalhar com a cv. IAC 202.

Do mesmo modo, a cultivar ANa 5015 não se mostrou responsiva à aplicação de TDZ via foliar para a massa hectolétrica, massa de cem grãos e produtividade. Isso diverge dos resultados encontrados por Alves et al. (2015), que trabalhando com doses menores, verificaram incremento na massa de cem grãos, que atingiu valor máximo de 2,98 g para a dose de 0,48 g ha⁻¹ do regulador e também obtiveram incremento de 23,5% na produtividade da cv. BRS Esmeralda,

mas desta vez para a dose de 0,9 g ha⁻¹ do regulador, em relação à testemunha. Essas diferenças podem ser justificadas pela variação na cultivar utilizada e do ano agrícola, no qual houve condições climáticas distintas, o que vem a mascarar possíveis efeitos do regulador vegetal. Por sua vez, para a massa hectolétrica, nenhuma das doses de TDZ utilizadas por Alves et al. (2015) diferiram estatisticamente do tratamento testemunha na cv. BRS Esmeralda assim como nesse trabalho.

Os possíveis efeitos da citocinina já citados, como estender a produtividade fotossintética das plantas, promover a mobilização de nutrientes por formar uma nova relação fonte-dreno e estimular a divisão celular e alongamento celular, poderiam ser responsáveis por promover um maior enchimento de grãos e, conseqüentemente, resultar em maior massa hectolétrica e de cem grãos. Além disso, conforme Zhang et al. (2010), a aplicação de citocininas em panículas de arroz proporciona enchimento uniforme das espiguetas, o que beneficia também as características dos grãos formados.

CONCLUSÕES

Não se notou efeitos resultantes da inoculação foliar com *Azospirillum brasilense* na cultivar ANa 5015.

Para as doses de TDZ aplicadas via foliar, a cultivar ANa 5015 só foi afetada

Porém não foi isso que se obteve no presente trabalho, provavelmente devido aos motivos já mencionados anteriormente. A produção endógena de citocinina pela planta foi suficiente para atender as suas necessidades fisiológicas, as condições ambientais a que ela estava exposta não foi estressante a ponto de prejudicar os níveis endógenos deste fitormônio e ainda, a cultivar usada talvez não possua alta atividade das enzimas de degradação da citocinina. Desse modo, diferentemente do trabalho de Alves et al. (2015), a aplicação de TDZ como citocinina exógena não afetou as variáveis analisadas.

Também não foram observados resultados para a produtividade da cultura em nenhuma das doses de TDZ aplicadas, em consequência de não se obter maior número de panículas por m², de espiguetas por panícula, massa hectolétrica e massa de cem grãos em nenhum dos tratamentos.

Por fim, afirma-se que novos e maiores estudos devem ser realizados com relação a aplicação de citocinina exógena em plantas de arroz, de modo a entender em quais situações ela resulta em benefícios e exatamente porque isso ocorre.

na variável altura de plantas, cuja dose de 0,41 g ha⁻¹ resultou na altura máxima de 1,114 m. Para os outros caracteres analisados, inclusive os de produtividade, não houve efeito da aplicação de TDZ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, C. J.; ARF, O.; GARCIA, N. F. S.; GALINDO, F. S.; GALASSI, A. D. Thidiazuron increases upland rice yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 333-339, set. 2015. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198340632015000300008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 10 mar. 2017.

ARAUJO, S. C. **Realidade e perspectivas para o uso de *Azospirillum* na cultura**

do milho. Piracicaba: IPNI – International Plant Nutrition Institute Brazil. 32 p. (INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS Nº 122). 2008.

ARNDT, F. R.; RUSCH, R.; STILFRIED, H. V. et al. A new cotton defoliant. **Plant Physiology**, Washington, v. 57, p. 99. 1976.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C. Influência da

época de semeadura no comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão em Selvíria, MS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p. 1967-1976, 2000.

ASHIKARI, M.; SAKAKIBARA, H.; LIN, S.; YAMAMOTO, T.; TAKASHI, T.; NISHIMURA, A.; ANGELES, E. R.; QUIAN, Q.; KITANO, H.; MATSUOKA, M. Cytokinin Oxidase Regulates Rice Grain Production. **Science**, New York, v. 309, n. 5735, p. 741-745, 2005.

BALDANI, J. I.; CARUSO, L.; BALDANI, V. L. D.; GOI, S. R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology e Biochemistry**, Oxford, v. 29, n. 5/6, p. 911-922, 1997.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G. C.; FREITAS, J. D.; ANDREOTTI, M., ARF, O.; SÁ, M. E. D.; & MEIRA, F. D. A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.12, p.1731-1737, 2006.

CAMPOS, D. B.; RESENDE, A. S.; ALVEZ, B. J.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio para a cultura de arroz sob inundação. **Agronomia**, v. 37, n.2, p. 41-46, 2003.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, v.10, p.57-61, 1982.

CHAVES, J. S.; MIRANDA, A. F. M.; SANTANA, A. S.; RODRÍGUEZ, C. A.; SILVA, E. S. EFICIÊNCIA DA INOCULAÇÃO NA CULTURA DO ARROZ (*Oryza Sativa* L.) NO SUL DO ESTADO DE RORAIMA. **Revista Eletrônica Ambiente, Gestão e Desenvolvimento**, v. 9, n. 2, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab).

Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2016/17, n. 6 - Sexto levantamento, março 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf>. Acesso em: 21 de mar. 2017.

DARIO et al., Influência do uso de fitoregulador no crescimento de arroz irrigado. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v.11, n.1, p.183-191, 2004.

FAQUIN, Valdemar. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: Ufla, 2005. 186 p.
FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011.

GAIRI, A. ; RASHID, A. TDZ-induced somatic embryogenesis in non-responsive caryopses of rice using a short treatment with 2,4-D. **Plant Cellular Tissue and Organ Culture**, Delhi, v. 76, n. 1, p. 29-33, 2004.

GARCIA, N. F. S. **Culturas antecessoras e inoculação de *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas e feijão de inverno em sucessão inoculado com *Rhizobium tropici***. 2017. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Engenharia - Unesp – Campus de Ilha Solteira – SP. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/150025>>. Acesso em: 04 mar. 2017.

GITTI, D. C.; ARF, O.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C.; RODRIGUES, R. A. F.; KANEKO, F. H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, v.71, n.4, 509-517, 2012.

GOES, R. **Inoculação de Sementes com *Azospirillum brasilense* e Doses de N Mineral em Arroz de Terras Altas Irrigado por Aspersão**. 30f. Relatório

(Mestrado em Agronomia) -Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.

GONÇALVES, E.D.V.; RODRIGUES, L.F.O.S.; SILVA, M.B.; MATIELLO, V.M.; BERTÉ, L.N.; MEINERZ, C.C.; GUIMARÃES, V.F. Influência da Inoculação de *Azospirillum* brasileiro em Milho Submetido a Condições de Déficit Hídrico. In: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. p. 0267-0274.

GUARDIOLA, J. L.; BARRES, M. T.; ALBERT, C.; GARCIA-LUIS, A. Effects of exogenous growth regulators on fruit development in Citrus unshiu. **Annals of Botany**, London, v. 71, n. 2, p. 169-172, 1993.

HENNY, R. J.; FOOSHEE, W. C. Treatment of syngonium 'Maya Red' with thidiazuron in attempt to induce basal branching. **Apopka**: University of Florida, 1991.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum* brasileiro: inovação em rendimento a baixo custo.** Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p.

KUSS, A. V.; KUSS, V. V.; LOVATO, T.; FLÔRES, M. L. Nitrogen fixation and in vitro production of indolacetic acid by endophytic diazotrophic bacteria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1459-1465. 2007.

LIU, Y.; GU, D.; DING, Y.; WANG, Q.; LI, G.; WANG, S. The relationship between nitrogen, auxin and cytokinin in the growth regulation of rice (*Oryza sativa* L.) tiller buds. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v. 5, n. 8, p. 1019-1026, 2011.

LOY, J. B. Promotion of hypocotyl elongation in watermelon seedlings by 6-benzyladenine. **Journal of Experimental Botany**. V. 31, 743-750, 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MOHAMED, S. V.; SUNG, J. M.; JENG, T. L.; WANG, C. S. Organogenesis of *Phaseolus angularis* L.: High efficiency of adventitious shoot regeneration from etiolated seedlings in the presence of N6-benzylaminopurine and thidiazuron. **Plant Cellular Tissue and Organ Culture**, Delhi, v. 86, n. 2, p. 187-199, 2006.

MORAIS, T. P. de. **Adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum* brasileiro em híbridos de milho.** Uberlândia MG. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. In: ARF O.; LEMOS L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (Ed.) **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L.** Botucatu: FEPAF, 2015. Cap.4, p.65-75.

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas.** Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22p. (Documentos, 232).

RODRIGUES, M., ARF, O., GARCIA, N. F. S., PORTUGAL, J. R., BARBIERI, M. K. F. Inoculação de sementes com *Azospirillum* brasileiro e adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas irrigados por aspersão. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p.1234-1241, jun. 2015. Disponível em: <[http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/agrarias/inoculacao de sementes.pdf](http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/agrarias/inoculacao%20de%20sementes.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2017.

RODRIGUES, R.A.F.; SORATTO, R.P.; ARF, O. Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto, usando o tanque classe A. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, p.546-556, 2004.

SALISBURY, Frank B.; ROSS, Cleon W.. **Fisiologia das Plantas**. 4. ed. Estados Unidos: Cengage Learning, 2013. 772 p.
SANTI, C.; BOGUSZ, D.; FRANCHE, C. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 111, n. 1, p. 743-767, 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SHAN, X. Y.; LI, D. S.; QU, R. D. Thidiazuron promotes in vitro regeneration of wheat and barley. **Vitro Cellular Development Biology Plant**, New York, v. 36, n. 3, p. 207-210, 2000.

SRIVATANAKUL, M.; PARK, S.; SANDERS, J.; SALAS, M.; SMITH, R. Multiple shoot regeneration of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) from a shoot apex culture system. **Plant Cell Reports**, Heidelberg, v. 19, n. 12, p. 1165-1170, 2000.

SUDARSONO; GOLDY, R. G. Growth regulator and axillary bud position effects on in vitro establishment of *Vitis rotundifolia*. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 3, p. 304-307, 1991.

SUTTER, E. G.; AHMADI, H.; LABAVITCH, J. M. Direct regeneration of strawberry from leaf disks. **Acta Horticulturae**, Jerusalém v. 447, n. 52, p. 243-246, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
VALAZCO, A.; CASTRO, R. Estudio de la inoculación de *Azospirillum brasilense*

en el cultivo del arroz (variedad A'82) en condiciones de macetas. **Cultivos Tropicales**, v.20, n.1, p.5-9, 1999.

VIEIRA, C. R. Y.I.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M.; TECCHIO, M. A.; BOTELHO, R. V. Efeitos do ácido giberélico e do thidiazuron sobre as características dos frutos e do mosto da uva 'niagara rosada'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 12-19, 2008.

WRIGHT, S. T. C. Growth and cellular differentiation in the wheat coleoptile (*Triticum vulgare*). II. Factors influencing the growth response to gibberellic acid, kinetin, and indole-3-acetic acid. **Journal of Experimental Botany**. 17:165-176, 1966.

YAMASHITA, A. S. T. **Doses e Épocas de Aplicação de Etil-trinexapac em Arroz de Terras Altas Irrigado por Aspersão**. 2013. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Engenharia - Unesp - Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2013. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98754/yamashita_ast_me_ilha.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 fev. 2017.

YOOKONGKAEW, N.; SRIVATANAKUL, M.; NARANGAJAVANA, J. Development of genotype-independent regeneration system for transformation of rice (*Oryza sativa* ssp. *indica*). **Journal of Plant Research**, Tokyo, v. 120, n. 2, p. 237-245, 2007.

XU, G.; ZHANG, J.; LAM, H. M.; WANG, Z.; YANG, J. Hormonal changes are related to the poor grain filling in the inferior spikelets of rice cultivated under non-flooded and mulched condition. **Field Crops Research**, Bonn, v. 101, n. 1, p. 53-61, 2007.

ZHANG, H.; CHEN, T.; WANG, Z.; YANG, J.; ZHANG, J. Involvement of cytokinins in the grain filling of rice under

alternate wetting and drying irrigation.
Journal of Experimental Botany, v. 61,
n. 13, p. 1-15, 2010.

ZULKARNAIN, W. M.; ISMAIL, M. R.;
SAUD, H. M.; OTHMAN, R.; HABIB, S.

H.; KAUSAR, H. Effect of synthetic
cytokinin precursors on growth and yield of
rice under limited water. **Journal of Food,
Agriculture & Environment**, Londres, v.
11, n. 2, p. 372-375, 2013.