

Cientific Paper

Resumo

O uso de insumos biológicos a base de bactérias diazotróficas vem se destacando como alternativa na redução da necessidade de aplicação de adubos nitrogenados. No entanto, o tratamento químico de sementes pode vir a promover efeitos nocivos sob a microbiota do solo. O presente estudo

visa avaliar os efeitos dos fungicidas Captana e Carboxina + Tiram associado a *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo. O estudo foi conduzido em laboratório e ambiente protegido na Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul-PR. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos e quatro repetições, sendo: testemunha; *A. brasilense*; Captana; Carboxina + Tiram; Captana + Carboxina + Tiram; *A. brasilense* + Captana; *A. brasilense* + Carboxina + Tiram; *A. brasilense* + Captana + Carboxina + Tiram. Em laboratório foram avaliados análises relacionados aos testes de germinação e desenvolvimento de plântulas. Em ambiente protegido foram analisados características da parte aérea e do sistema radicular até 60 DAE. Verifica-se que o uso isolado da *A. brasilense*, de modo geral, apresentou maior desempenho em relação à testemunha padrão, ao passo que a associação com Captana e Carboxina + Tiram promoveu resultados semelhantes aos tratamentos com ausência da bactéria e a testemunha padrão, inferindo um possível efeito tóxico advindo da prática do tratamento químico de sementes com estes produtos sobre o desempenho da bactéria. Deste modo, o uso Captana e Carboxina + Tiram interfere na interação bactéria-raiz, afetando no processo de germinação e no desenvolvimento inicial do trigo.

Palavras chaves: fixação biológica; compatibilidade; toxidez

Effects to the combination of *Azospirillum brasilense* with fungicides in wheat development

Abstract

The use of biological inputs the base diazotrophs has emerged as an alternative in reducing the need for application of nitrogenous fertilizers. However, the chemical seed treatment might come to promote detrimental effects on soil microflora. This study aims to assess the effects of Captana fungicides and Carboxin + Tiram associated with *Azospirillum brasilense* on wheat. The study was conducted in laboratory and greenhouse at the Federal University of Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, PR. The design adopted was completely randomized with eight treatments and four repetitions: witness; *A. brasilense*; Captana; Carboxin + Tiram; Captana + Carboxin + Tiram; *A. brasilense* + Captana; *A. brasilense* + Carboxin + Tiram; *A. brasilense* + Captana + Carboxin + Tiram. In laboratory tests were evaluated related to germination and seedling development. In a protected environment were analyzed shoot characteristics and root system up to 60 DAE. It appears that the isolated use of *A. brasilense*, generally showed higher performance compared to standard witness, whereas the association with Captana and Carboxin + Tiram promoted similar results to treatment

Received at: 25/05/15

Accepted for publication at: 08/11/15

1 Aluno Departamento de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Campus Laranjeiras do Sul-PR. Email: gabrielfelipe02@hotmail.com.

2 Msc. Produção Vegetal - Prof. Instituto Federal do Paraná/IFPR, Instituto Federal do Paraná/IFPR, campus Ivaiporã; lais.martinkoski@Email: ifpr.edu.br.

3 Eng. Agrônomo, Dr. Depto Agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste-Unicentro. Guarapuava-PR. Email: sjadoski@unicentro.br.

4 Dr. Prof. Departamento de Agronomia - Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS. Campus Laranjeiras do Sul-PR. Grupo de pesquisa em Manejo do solo, água e planta em sistemas de produção. Email: rubens.fey@uffs.edu.br.

with the absence of the bacterium and the default witness, inferring a possible toxic effect arising from the practice of chemical seed treatment with these products on the performance of the bacterium. Thus, the use of Captana and Carboxin + Thiram interferes with the interaction root bacteria, affecting the germination process and the initial development of the wheat.

Key words: biological fixation; compatibility; toxicity

Efectos de la combinación de *Azospirillum brasilense* con fungicidas en el desarrollo de trigo

Resumen

El uso de insumos biológicos con base en bacterias de diazotróficas surge como una alternativa en la reducción de la necesidad de la aplicación de fertilizantes nitrogenados. Sin embargo, el tratamiento químico de semillas puede promover efectos perjudiciales sobre la microflora del suelo. Este estudio tiene como objetivo evaluar los efectos de los fungicidas Captana y Carboxina + Tiram asociados con *Azospirillum brasilense* en el cultivo de trigo. El estudio se realizó en laboratorio y en el invernadero en la Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul-PR. El diseño adoptado fue completamente al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones: testigo; *A. brasilense*; Captana; Carboxina + Tiram; Captana + Carboxina + Tiram; *A. brasilense* + Captana; *A. brasilense* + Carboxina + Tiram; *A. brasilense* + Captana + Carboxina + Tiram. En las pruebas de laboratorio fueron hechas evaluaciones en relación con la germinación y el desarrollo de las plántulas. En invernadero se analizaron las características de los brotes y sistema radicular hasta el 60 DAE. Se verifica que el uso aislado de *A. brasilense*, generalmente mostró mayor rendimiento en comparación con testigo estándar, mientras que la asociación con Captana y Carboxina + Tiram promovió resultados similares con el tratamiento con la ausencia de la bacteria y el testigo, infiriendo un posible efecto tóxico resultante de la práctica del tratamiento químico de semillas con estos productos en el desarrollo de la bacteria. Por lo tanto, el uso Captana y Carboxina + tiram interfiere con la interacción bacteria-raíz, afectando en el proceso de germinación y desarrollo inicial del trigo.

Palabras clave: fijación biológica; compatibilidad; toxicidad

Introdução

Dentre as bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), a *Azospirillum brasilense* se caracteriza como a espécie mais estudada e recomendada para o uso de inoculantes comerciais em poáceas, devido à capacidade desta bactéria em fixar nitrogênio de forma biológica (FBN) (Basã e de-BasãN, 2010), produzir e secretar fito-hormônios como auxinas, citocininas, giberelinas e etileno (REIS JUNIOR et al. 2008), além de aumentar a disponibilidade de nutrientes (HUNGRIA et al. 2010) e auxiliar na resistência de plantas contra patógenos (TORTORA et al. 2011). Deste modo, propondo uma teoria de múltiplos mecanismos que agem de caráter acumulativo ou sequencia no desenvolvimento das plantas (BASÃ E DE-BASAN, 2010).

Estudos desenvolvidos por HUNGRIA et al. (2010) e MENDES et al. (2011), acerca da inoculação com *A. brasilense*, relatam contribuições satisfatórias sobre o rendimento em poáceas, com aumentos de

18% a 30% no potencial produtivo para trigo e milho, respectivamente, reduzindo em aproximadamente 50% a necessidade de adubação nitrogenada na cobertura em trigo, sem afetar a produtividade. Contudo, há possibilidade de ocorrerem limitações na compatibilidade entre bactéria e produtos químicos empregados no tratamento de semente (TS), podendo comprometer seus benefícios (PUENTE et al. 2008).

Determinados ingredientes ativos, em especial fungicidas, vêm demonstrando efeitos deletérios sobre a atividade de BPCV, como é o caso em *Bradyrhizobium spp.* (CAMPO et al. 2009; PEREIRA et al. 2010) e *Azospirillum spp.* (MOHIUDDIN e MOHAMMED, 2013). Segundo CAMPO et al. (2009), a compatibilidade entre o tratamento de sementes com fungicidas e inoculantes biológicos é considerada um dos grandes problemas na cultura da soja, afetando as etapas de simbiose, formação de nódulos e eficiência na fixação de N². Porém, com relação a *A. brasilense*, há poucas informações acerca dos efeitos advindos da combinação do tratamento químico de

sementes em conjunto com a bactéria e sua influência sobre o desenvolvimento das plantas.

Como o tratamento de sementes com produtos químicos ainda continuará a ser praticado (FUKAMI et al. 2016), estudos são necessários visando à compatibilidade entre inoculantes agrícolas com produtos empregados no tratamento de sementes e sua especificidade em relação a cada cultura inoculada. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos sinérgicos ou antagônicos do tratamento químico de sementes a base de Captana e Carboxina + Tiram e da inoculação com *A. brasilense* no desenvolvimento de plantas de trigo.

Materiais e Métodos

O estudo foi constituído por dois experimentos simultâneos, realizados em laboratório e em casa de vegetação na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Laranjeiras do Sul-PR, no período de 11 de maio de 2015 a 15 de agosto de 2015. Para condução dos trabalhos foram utilizadas sementes de trigo da cultivar BRS Gralha Azul.

O delineamento experimental adotado em ambos os experimentos foi o inteiramente casualizado, com oito tratamentos e quatro repetições, ao passo que os tratamentos foram obtidos na combinação dos fungicidas Captana (CAP), Carboxina + Tiram (CARB+TIR) e da bactéria *Azospirillum brasilense* estirpes Ab-V5 e Ab-V6 na concentração de $2,0 \times 10^8$ células viáveis mL⁻¹ (AZO), organizados na forma de: T1: Testemunha (TEST); T2: *A. brasilense*; T3: Captana; T4: Carboxina + Tiram ; T5: Captana + Carboxina + Tiram ; T6: *A. brasilense* + Captana; T7: *A. brasilense* + Carboxina + Tiram ; T8: *A. brasilense* + Captana + Carboxina + Tiram . As doses das substâncias utilizadas neste estudo foram equivalentes a 300 g. 100 kg⁻¹ de semente de Captana, 250 mL. 100 kg⁻¹ de semente de Carboxina + Tiram e 300 mL. 50 kg⁻¹ de sementes de *A. brasilense*, em ambos os experimentos, conforme a recomendação dos fabricantes.

Com relação às avaliações laboratoriais, as análises de germinação e desenvolvimento inicial das plântulas foi realizada de acordo com a Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009), sendo utilizadas 50 sementes por repetição distribuídas em rolos com três folhas de papel "Germitest" umedecidos com quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes a sua massa e mantidas em câmaras de germinação a 20 ± 1 °C constante e na ausência de luz. Foram

realizadas avaliações referentes à percentagem de germinação (4º e 8º dias após a semeadura - DAS), sendo consideradas plântulas normais aquelas que apresentaram sistema radicular com pelo menos 2 mm de comprimento e com coleóptilo reto e bem desenvolvido, expressos em percentagem.

Para avaliação dos parâmetros biométricos, após o término do ensaio de germinação, foram selecionadas ao acaso dez plântulas normais para análise de: número de raízes (NR); comprimento da parte aérea (CPA), comprimento radicular (CR) e comprimento total planta (CTP) - expressos em cm plântula⁻¹; massa da matéria verde (MV) e seca (MS) total - expressos em g plântula⁻¹, sendo a MS determinada pela desidratação do material em estufa a 65°C até atingir massa constante.

Para avaliação em casa de vegetação, as amostras de solo foram provenientes de um Latossolo Vermelho Distroférico típico (Embrapa, 2006) das camadas superficiais (0-20 cm), sendo as amostras secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 4 mm, sendo posteriormente alocadas em vasos com capacidade de 8 dm³. As principais características granulométrica e química do solo se apresentam na Tabela 1. Para adubação de base, seguiu-se a recomendação de Oliveira (2003) utilizando-se as doses de 20 mg dm⁻³ de P₂O₅ e 30 mg dm⁻³ de K₂O. Para a adubação nitrogenada foi realizada a aplicação de 15 mg dm⁻³ de N na semeadura e o restante no início do estágio de perfilhamento das plântulas (16 DAE), totalizando 45 mg dm⁻³. A fonte de N utilizada foi a uréia, a qual contém 45% de N.

Foram semeadas oito sementes por vaso e, após a emergência, efetuou-se o desbaste, restando uma planta por vaso. A irrigação foi mantida desde a semeadura até o final do experimento de forma automática (timer) por aspersão, a fim de manter o solo próximo à capacidade de campo.

No estágio de emborrachamento (60 DAE), as plantas foram submetidas às análises: comprimento da parte aérea (CPA), comprimento radicular (CR) e comprimento total da planta (CTP) - aferidas por fita graduada e expressos em cm planta⁻¹; número de perfilhos (NUP) - mediante a contagem individual; índice clorofila (SPAD) - obtido pelo medidor portátil ClorofiLOG 1030-Falker e expressos em índice SPAD; massa fresca da folha e perfilhos (MFFP), colmo (MFC) e total (MFT) - obtida por meio de balança analítica com precisão de 0,001g e expressos em g planta⁻¹; massa seca da folha e perfilhos (MSFP); colmo (MSC) e total (MST) - obtida por meio de uma

Tabela 1. Características químicas e texturais do solo localizado no município de Laranjeiras do Sul, PR. 2015.

Prof. (m)	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	V	Areia	Silte	Argila
	CaCl ₂	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³		-----cmolc dm ⁻³ -----			(%)	-----g kg ⁻¹ -----		
0,0-0,20	6,5	32,5	12,31	0,25	3,1	1,6	2,3	70,7	230	175	595

balança analítica com precisão de 0,001g e expressos em g planta⁻¹, sendo as massas secas determinadas pela desidratação do material em estufa a 65°C até atingir massa constante.

Em ambos os estudos, os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, sendo os dados em porcentagem transformados em raiz quadrada do valor + 0,5 e os resultados obtidos submetidos à análise de variância, com posterior comparação de médias pelo teste de Dunnett a 5% e 1% de probabilidade pelo programa estatístico ASSISTAT v. 7.7 (SILVA e AZEVEDO 2009).

Resultados e Discussão

Na avaliação laboratorial, não houve diferença significativa na germinação aos 8º DAS e massa seca de plântulas. Analisando-se a germinação ao 4º DAS (Tabela 2) verifica-se que a presença do ingrediente ativo Carboxina + Tiram nos tratamentos inoculados promoveram resultados estatisticamente inferiores em comparação a testemunha padrão, isto é, demonstrado uma combinação antagonista entre o fungicida e a bactéria diazotrófica. No entanto, este comportamento contradiz estudos desenvolvidos por Pereira et al. (2009), de modo que estes autores abordam que o uso de Carboxina + Tiram associado a bactéria diazotrófica não afetaram a taxa germinação em semente de soja. DARTORA et al. (2013) relatam ainda não haver influência do fungicida fludioxonil-metalaxyl sobre a *A. brasiliense* com relação ao percentual de germinação em sementes de milho.

Com relação ao desenvolvimento das plântulas (Tabela 2), verifica-se que o uso isolado da *A. brasiliense* proporcionou resultados estatisticamente superiores em comparação a testemunha padrão no que se refere ao comprimento da parte aérea, raiz e total, e ainda na massa verde, ao passo que, a presença dos ingredientes ativos Captana e Carboxina + Tiram, associado ou não a bactéria, promoveram resultados estatisticamente semelhante à testemunha, induzindo a hipótese de um possível

efeito antagonista advindo do tratamento químico de sementes nestas características. Os efeitos antagonistas advindos do Captana e Carboxina + Tiram sobre a atividade de bactérias diazotróficas foi observado por MERCANTE et al. (2010) os quais relatam que a aplicação dos fungicidas captan, carbendazim + tiram, tiram e carboxim + tiram reduziram em aproximadamente 77% e 96% o número e a matéria seca de nódulos, proporcionando conseqüentemente redução no acúmulo de matéria seca da planta.

A contribuição da *A. brasiliense* sobre o processo germinativo e desenvolvimento biométrico das plantas se deve a capacidade desta bactéria excretar fitohormônios (CASSAN et al., 2009), dentre eles o ácido giberélico, o qual é responsável por auxiliar o processo de germinação das sementes, e ácido indole-3-acético (IAA) sendo este um estimulante do crescimento da planta, principalmente por alongamento celular do sistema radicular (TAIZ e ZEIGER, 2006). Desta forma, um estímulo antagonista sobre o desenvolvimento da bactéria pode afetar a contribuição e/ou a produção de fitohormônios, comprometendo os benefícios sobre o desenvolvimento das plantas (FEY et al., 2015).

Embora a presença do ingrediente ativo Captana demonstrasse efeitos antagonistas com relação ao comprimento da parte aérea, raiz e total, e massa verde (Tabela 2), a presença associada a *A. brasiliense* proporcionou resultados estatisticamente semelhantes e superiores em relação a testemunha padrão para respectivas variáveis germinação ao 4º DAS e número de raiz, permitindo inferir uma combinação sinérgica entre este fungicida e a bactéria diazotrófica para as variáveis em questão. Apesar de estudos demonstrarem efeitos antagonistas sobre a atividade da nitrogenase e na redução do crescimento bacteriano em *A. brasiliense* (GALLORI et al., 1991), neste estudo, os efeitos antagonistas não afetaram a capacidade de auxiliar no desenvolvimento inicial de trigo para as variáveis mencionadas.

Com relação aos aspectos morfológicos avaliados em ambiente protegido (Tabela 3), não foram constatadas diferenças estatísticas com relação

Tabela 2. Valores médios sobre comprimento da parte aérea (CPA), comprimento radicular (CR), comprimento total plântula (CTP), número de raízes (NR), massa verde (MV) e massa seca (MS) de trigo submetido à inoculação de *Azospirillum brasilense* com presença e ausência de Captana e Carboxina + Tiram no tratamento de sementes. Laranjeiras do Sul, PR, 2015.

Tratamento	GER***		CPA***	CR***	CTP***	NR***	MV***	MSns
	4 DAS	8 DASns	----- cm plântula ⁻¹ -----			----	--mg plântula ⁻¹ --	
TEST*	87,00 a**	86,50	5,51 b	5,86 b	11,37 b	3,95 b	180,12 b	37,89
AZO	90,50 a	91,50	6,77 a	7,02 a	13,20 a	4,95 a	251,2 a	42,8
CAP	87,00 a	84,50	5,17 b	6,35 b	11,52 b	4,40 a	197,23 b	37,72
CARB + TIR	84,50 a	85,00	5,21 b	5,44 b	10,66 b	3,20 a	131,25 b	38,95
CAP + CARB + TIR	74,00 b	81,00	2,14 b	3,00 b	5,14 b	3,20 a	124,26 b	41,50
AZO + CAP	75,00 a	84,50	3,15 b	4,20 b	7,36 b	3,85 a	142,34 b	40,96
AZO + CARB + TIR	73,50 b	80,00	2,74 b	4,02 b	6,77 b	3,10 a	139,12 b	39,13
AZO + CAP + CARB + TIR	67,50 b	79,50	2,54 b	3,54 b	6,07 b	3,25 a	120,24 b	40,91
C.V. (%)	8,15	5,37	7,37	10,74	7,93	4,63	13,35	7,10

*TEST: Testemunha; AZO: *A. brasilense*; CAP: Captana; CARB + TIR: Carboxina + Tiram; CAP + CARB + TIR: Captana + Carboxina + Tiram; AZO + CAP: *A. brasilense* + Captana; AZO + CARB + TIR: *A. brasilense* + Carboxina + Tiram; AZO + CAP + CARB + TIR: *A. brasilense* + Captana + Carboxina + Tiram.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente em relação a testemunha, ao nível de 1%* de probabilidade pelo Teste de Dunnett.

as variáveis: comprimento parte aérea, número de perfilhos, massa seca da raízes, índice clorofila (SPAD), massa fresca da folha e perfilho, massa fresca do colmo, massa seca da folha e perfilhos e massa seca total do trigo.

Avaliando o comprimento da parte aérea, verifica-se que a presença do fungicida Carboxina + Tiram combinado com a *A. brasilense* proporcionou comportamento estatisticamente superior em relação a testemunha padrão, ao passo que este comportamento não pode ser observado no que se refere ao uso do ingrediente ativo Captana, demonstrando resultados inferiores em comparação a testemunha padrão.

A combinação sinérgica entre Carboxina + Tiram e a *A. brasilense* não pode ser constatada para a massa fresca total e massa seca do colmo (Tabela 3), de modo que o uso associado deste ingrediente ativo proporcionou resultados estatisticamente inferiores em comparação a testemunha padrão. Este comportamento corrobora com estudos desenvolvidos por KINTSCHEV et al. (2014), em que a aplicação Carboxina + Tiram reduziu em aproximadamente 6 % da matéria seca da parte aérea de soja em comparação a inoculação padrão.

O efeito antagônico obtido sobre a *A. brasilense* referente a presença do ingrediente ativo Carboxina + Tiram também ocorreu com relação ao uso do Captana, de modo que a presença deste fungicida

apresentou resultados estatisticamente inferiores em relação a testemunha padrão para as variáveis massa fresca total e massa seca do colmo, induzindo a hipótese de um efeito antagônico advindo pelo uso deste fungicida. Estes resultados corroboram com PEREIRA et al. (2009), os quais demonstram o uso de Captana, além de afetar o processo de simbiose-planta na cultura do soja, proporcionou um declínio de aproximadamente 13 % sobre a massa seca da parte aérea da planta.

Os resultados negativos advindos pelo emprego destes fungicidas com relação as variáveis correspondentes à parte aérea (comprimento total da planta, massa fresca total e massa seca do colmo) podem estar relacionados aos aspectos morfológicos do sistema radicular (Tabela 3). De modo que a presença dos ingredientes ativos Carboxina + Tiram e Captana associado a *A. brasilense* apresentaram resultados estatisticamente inferiores em comparação a testemunha padrão com relação ao comprimento e massa fresca das raízes. Os efeitos antagônicos do tratamento químico de sementes sobre as bactérias diazotróficas podem ser observado em outras culturas, a exemplo do feijão, em que estudos demonstram que o uso de carboxina, tiram e Captana afetaram negativamente a simbiose da *Rhizobium tropici* e a formação de nódulos, proporcionando decréscimos. Em soja, CASTRO et al. (2008) e PEREIRA et al. (2009) relatam que a presença dos fungicidas Captana e

Tabela 3. Valores médios de comprimento parte aérea (CPA), comprimento total planta (CTP), número de perfilhos (NUP), comprimento radicular (CR), massa fresca raízes (MFR), massa seca da raízes (MSR), índice clorofila (SPAD), massa fresca da folha e perfilhos (MFFP), colmo (MFC) e total (MFT), massa seca da folha e perfilhos (MSFP), colmo (MSC) e total (MST) do trigo submetida à inoculação de *A. brasilense*, na presença e ausência de Captana e Carboxina + Tiram no tratamento de semente. Laranjeiras do Sul, PR. 2015.

Tratamento	CPAns (cm)	CTP*** (cm)	NUPns	CR (cm)***	MFR (g)***	MSR (g) ^{ns}	Índice SPADns
TEST*	68,02	85,64 b**	4,68	17,62 b	28,86 b	7,81	47,22
AZO	77,08	102,94 a	6,19	25,85 a	44,81 a	12,02	47,80
CAP	63,25	83,60 a	4,98	15,35 b	28,57 b	10,54	44,40
CARB + TIR	65,86	81,38 b	4,68	15,52 b	19,69 b	5,86	47,60
CAP + CARB + TIR	63,68	82,65 a	4,1	18,97 b	23,99 b	9,05	48,65
AZO + CAP	62,10	79,75 b	5,54	17,65 b	18,97 b	10,36	46,32
AZO + CARB + TIR	70,12	88,75 a	4,77	18,62 b	18,57 b	8,67	44,27
AZO + CAP + CARB + TIR	74,01	91,98 a	5,28	17,97 b	16,11 b	8,41	50,50
C,V (%)	7,52	5,93	20,57	13,37	28,95	29,21	9,72

Tratamento	Massa Fresca (g)ns			Massa Seca (g)		
	MFFPns	MFCns	MFT***	MSFPns	MSC***	MSTns
TEST	20,84	30,33	80,04 b	7,76	11,61 a	27,18
AZO	19,21	40,60	104,66 a	8,13	12,79 a	32,94
CAP	19,67	31,69	79,94 b	6,77	12,13 a	26,88
CARB + TIR	19,43	28,37	67,49 b	6,23	9,11 b	21,22
CAP + CARB + TIR	23,92	32,25	80,17 b	6,36	9,91 b	25,32
AZO + CAP	19,25	24,53	62,76 b	6,70	7,96 b	25,03
AZO + CARB + TIR	21,03	30,90	70,50 b	6,47	9,63 b	24,78
AZO + CAP + CARB + TIR	20,74	29,42	66,28 b	7,15	8,53 b	24,09
C,V (%)	16,87	19,28	14,02	19,86	20,45	20,27

*TEST: Testemunha; AZO: *A. brasilense*; CAP: Captana; CARB + TIR: Carboxina + Tiram; CAP + CARB + TIR: Captana + Carboxina + Tiram; AZO + CAP: *A. brasilense* + Captana; AZO + CARB + TIR: *A. brasilense* + Carboxina + Tiram; AZO + CAP + CARB + TIR: *A. brasilense* + Captana + Carboxina + Tiram.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente em relação a testemunha, ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste de Dunnett.

Carboxina + Tiram influenciaram na formação de raízes mais finas, com menor comprimento e baixa presença de nódulos.

De modo geral, é possível observar que o emprego da *A. brasilense* sob a ausência do tratamento químico de sementes, isto é, o uso isolado da bactéria, promoveu contribuições benéficas e significativas ao desenvolvimento do trigo, especialmente relacionadas ao comprimento da parte aérea, radicular, total e massa verde nos estágios iniciais de desenvolvimento das plântulas (Tabela 2) e no comprimento da parte aérea, radicular e massa fresca da raiz e total durante os estágios vegetativos da planta (Tabela 3).

A contribuição advinda da *A. brasilense* durante o período de germinação e desenvolvimento das plântulas (Tabela 2) e posteriormente no desenvolvimento (Tabela 3) se deve a capacidade desta bactéria em secretar fitohormônios, especialmente ácido giberélico, responsável por auxiliar o processo de germinação das sementes (TAIZ e ZEIGER, 2006), e ácido indol-acético (AIA). O destaque da auxina se deve a sua contribuição pela modificação de algumas

características morfológicas do sistema radicular, resultando em um aumento no comprimento e ramificação do sistema radicular, formação de pêlos radiculares e elevação na taxa de aparecimento de raízes secundárias. Assim, verifica-se um aumento da área superficial do sistema radicular e, conseqüentemente, da elevação do volume de substrato de solo explorado (REIS JUNIOR et al., 2008 e HUNGRIA et al. 2010; VOGEL et al., 2013), promovendo maior assimilação de nutrientes e, conseqüentemente, auxiliando em um maior desenvolvimento da planta (VOGEL et al., 2013).

Entretanto, para ocorrer tais benefícios abordados neste estudo é necessário que não ocorram fatores que afetam o desenvolvimento e desempenho da *A. brasilense*. Segundo CAMPOS e HUNGRIA (2000), o principal problema do tratamento de sementes sobre a microbiota do solo se deve principalmente a menor sobrevivência destas bactérias, influenciada pelo ingrediente ativo, pH e/ou solventes utilizados nas formulações de fungicidas.

Conclusão

O uso de *A. brasilense*, de forma isolada, apresentou o melhor desempenho nas características de parte aérea de plântulas e sistema radicular de plantas adultas de trigo, em especial sobre o sistema radicular.

A associação da inoculação com os

fungicidas Captana e Carboxina + Tiram promoveu comportamento estatisticamente semelhante e/ou inferior nos tratamentos com ausência da bactéria e a testemunha padrão, inferindo um possível efeito tóxico advindo da prática do tratamento químico de sementes com estes produtos sobre o desempenho da bactéria.

Referências

- ARAÚJO, A. S. F.; ARAÚJO R. S. Sobrevivência e nodulação do *Rhizobium tropici* em sementes de feijão tratadas com fungicidas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.3, p.973-976, 2006.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. *Advances in Agronomy*, v.108, n.1, p.77-136, 2010.
- BRASIL. Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Compatibilidade de uso de inoculantes e fungicidas no tratamento de sementes de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 32p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 26).
- CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. *Symbiosis*, Dordrecht, v. 48, n. 1, p.154-163, 2009.
- CASSÁN, F.; PERRING, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). *Soil and Biology*, Braunschweig, v.45, n.1, p.28-35, 2009.
- CASTRO, G. S. A.; BOGIANI, J. C.; SILVA, M. G.; GAZOLA, E.; ROSOLEM, C. A. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1311-1318, 2008.
- DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; JÚNIOR, A. S. P.; CRUZ, L. M.; MENSCH, R. Influência do tratamento de sementes no desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculados com *Azospirillum brasilense*. *Scientia Agraria Paranaensis*, Marechal Cândido Rondon, v. 12, n. 3, p.175-181, 2013.
- FEY, R.; VOGEL, G. F.; MARTINKOSKI, L.; RICHART, A.; RAMPIM, L.; KLEIN, J. Fixação biológica de nitrogênio e efeitos do tratamento químico das sementes na sua eficiência. In: Kuhn, O. J. et al. (Org.). *Ciências Agrárias: Tecnologias e Perspectivas*. 1 ed. Marechal Cândido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015, v. 1, p. 139-170.
- FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. *AMB Express*, v.6, n.3, p.1-13, 2016.
- GALLORI, E.; CASALONE, E.; COLELLA, C. M.; DALY, S.; POLSINELLI, M. 1,8-Naphthalic anhydride antidote enhances the toxic effects of captan and thiram fungicides on *Azospirillum brasilense* cells. *Research in Microbiology*, Paris, v.142, n.2, p.1005-1012, 1991.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and Soil*, Hague, v. 331, n.1, p.413-425, 2010.

- KINTSCHEV, M. R.; GOULART, A. C. P.; MERCANTE, F. M. Compatibilidade entre a inoculação de rizóbios e fungicidas aplicados em sementes de feijoeiro-comum. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 40, n. 4, p. 338-346, 2014.
- MENDES, M.C.; ROSÁRIO, J.G.; FARIAL, M.V.; ZOCCHÉ, J.C.; WALTER, A.L.B. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. *Applied Research & Agrotechnology*, Guarapuava, v.4, n.3, p.95-110, 2011.
- Mercante, F. M; Moretto, H. J. N.; Tarasiuk, V. A.; Goulart, A. C. P. Efeitos de fungicidas na nodulação de feijoeiros inoculados com *Rhizobium tropici*. In: Reunião da Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbiológicos de Interesse Agrícola, 14., 2010, Bonito, MS. Anais... Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. p. 50-51.
- Mohiuddin, M.; Mohammed, M. K. Influence of fungicide (Carbendazim) and herbicides (2,4-D and Metribuzin) on non-target beneficial soil microorganisms of Rhizospheric Soil of Tomato Crop. *IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology (IOSR-JESTFT)*, v.5, n.1, p.47-50, 2013.
- PEREIRA, C. E.; OLIVEIRA, J. A.; OLIVEIRA, G. E.; ROSA, M. C. M.; NETO, J. C. Tratamento fungicida via peliculização e inoculação de *Bradyrhizobium* em sementes de soja. *Revista Ciências Agrônômicas*, Fortaleza, v.40, n.3, p. 433-440, 2009.
- PEREIRA, C. E.; OLIVEIRA, J. A.; CALDEIRA, C. M.; BOTELHO, F. J. E. Efeito do tratamento das sementes de soja com fungicidas e período de armazenamento na resposta da planta inoculada com *Bradyrhizobium*. *Revista Agro@ambiente*, Boa Vista, v. 4, n. 2, p. 62-66, jul-dez, 2010.
- Puente, M. L.; Garcia, J. E.; Perticari, A. Investigación aplicada de *Azospirillum* para su uso como promotor del crecimiento en cultivos de interes agrônômico. In: Cassán, F. D.; Garcia de Salamone, L. [eds]. *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, Buenos Aires. 1994. p. 167-178.
- REIS JUNIOR, F.B.; MACHADO, C.T.T.; MACHADO, A.T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p.1139-1146, 2008.
- SILVA, F. DE A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat v. 7.7. 2009. Disponível em: <<http://www.assistat.com/>>. Acesso em abril de 2015.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. 2006. *Fisiologia Vegetal*. 3ed, Artmed, Porto Alegre, Brasil. 705p.
- TORTORA, M.; DIAZ-RICCI, J. C.; PEDRAZA, R. *Azospirillum brasilense* siderophores with antifungal activity against *Colletotrichum acutatum*. *Archives of Microbiology*, Braunschweig, v.193, n.4, p.275-86, 2011.
- VOGEL, G. F.; MARTINKOSKI, L.; BITTENCOURT, H. V. H.; GRILLO, J. F. Agronomic performance of *Azospirillum brasilense* on wheat crops. *Applied Research & Agrotechnology*, v. 6, n. 3, p. 111-119, 2013.