



Artigo

Arranjo espacial e biorreguladores de crescimento na produtividade de milho

Regiane Garcia da Cunha¹, Sebastião Ferreira de Lima¹, Rita de Cassia Felix Alvarez¹,
Cátia Aparecida Simon^{1*} e Lucymara Merquides Contardi¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, MS

* Autor Correspondente: catiasimonsimon@gmail.com

Recebido: 20/08/2016; Aceito: 13/09/2016

Resumo: O aumento da população de plantas em associação com a aplicação de biorreguladores de crescimento pode resultar no incremento da produtividade. Neste estudo, objetivou-se avaliar o efeito de arranjos espaciais e biorreguladores de crescimento sobre a produtividade do milho do cultivar híbrido CD 3715 HX. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de três arranjos entre plantas: linha simples, com 0,45 m; linha dupla, com 0,25 m; e linha dupla, com 0,35 m, sob a aplicação de quatro biorreguladores (Stimulate® aplicado no sulco e via foliar, Azospirillum brasilense aplicado no sulco, e Kip milho® via foliar), mais a testemunha. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial (3 x 5) com três repetições. Os resultados obtidos indicam que houve influência do arranjo e dos produtos reguladores de crescimento na produtividade de grãos de milho. O arranjo espacial em linha dupla de 0,35 m combinado com a aplicação de Stimulate® via sulco foi mais efetivo sobre o acúmulo de massa seca (aumento de 50,58%), massa de cem grãos (30,35%) e produtividade de grãos (11,26%) de milho, ambos em relação à testemunha. Dessa forma, pode-se inferir que o uso de Stimulate® via sulco no arranjo espacial de 0,35 m é o mais adequado no aumento da produtividade do milho.

Palavras-chave: *Zea Mays*, densidade de plantas, *Azospirillum brasilense*.

Spatial arrangement and plant growth regulators growth in corn yield

Abstract: The increase in plant population in association with the application of growth bioregulators can result in increased productivity. This study aimed to evaluate the effect of spatial arrangements and growth bioregulators on the productivity of corn cultivate hybrid CD 3715 HX. The treatments were a combination of three arrangements between plants: single line, with 0.45 m; double row, with 0.25 m; and 0.35 m, with double line under the application of four bioregulators (Stimulate® applied in the furrow and foliar, *Azospirillum brasilense* applied in the groove, and Kip milho® foliar), plus the control. The experimental design was block-randomized in a factorial scheme (3 x 5) with three replications. The results indicate an influence of the arrangement and regulatory product growth in productivity of corn grain. The spatial arrangement in double line of 0.35 m combined with the application of Stimulate® via groove was more effective on dry matter accumulation (up 50.58%), mass hundredfold (30.35%) and productivity grains (11.26%) of maize, both compared to control. Thus, it can be inferred that the use of Stimulate® track groove on the spatial arrangement of 0.35 m is the most suitable in increasing the yield of corn.

Key-words: *Zea mays*, plant density, *Azospirillum brasilense*.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Zea mays* L., conhecida popularmente como milho, é um dos cereais mais cultivados no mundo, com alta capacidade produtiva, mas esta característica pode ser alterada em função das cultivares utilizadas, das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, do clima, das práticas culturais, do controle de pragas e

doenças e, por fim, dos arranjos espaciais (ARGENTA et al., 2001). O arranjo espacial de plantas cultivadas é um fator relevante na definição das relações de competição inter e intraespecífica entre plantas (NORRIS et al., 2001).

Estudos relacionados a tipos de espaçamentos têm demonstrado que plantas mais adensadas têm conseguido maior produtividade. No estudo com dois tipos de espaçamentos (0,45 e 0,90 m), Kappes et al. (2011) obtiveram resultados satisfatórios na produtividade de milho no espaçamento entre linhas de 0,45 m com a cultivar AG 9010, obtendo aproximadamente 90.000 plantas ha⁻¹. Em outro estudo com híbridos de milho FORT e AGN 30A00 testados em espaçamento de 0,80 e 0,40 m, observou-se que a redução do espaçamento e o aumento na densidade de plantas como práticas isoladas não incrementariam o rendimento de grãos, porém a combinação da redução no espaçamento (0,40 m) com o aumento na população de plantas (70.000 plantas ha⁻¹) mostra incremento na produtividade (7.194 kg ha⁻¹) (PEREIRA et al. 2008).

Plantas altamente adensadas possuem seu período fotossinteticamente ativo diminuto em folhas basais, devido à menor penetração de luz no dossel (PROVENZI et al., 2012). A baixa densidade de plantas permite a maior penetração de luz no dossel e, conseqüentemente, o aumento da taxa fotossintética das folhas do baixeiro, refletindo em aumento na produtividade de grãos (CALONEGO et al., 2011).

Além da importância do arranjo espacial, outras metodologias têm sido praticadas no intuito de melhorar a produtividade, como os biorreguladores do crescimento. Neste sentido, o uso de bactérias diazotróficas, por meio de biorreguladores, surge como uma alternativa para minimizar o uso de fertilizantes nitrogenados industriais no cultivo do milho (KAPPES et al., 2013). Esses microrganismos tem a habilidade de converter nitrogênio atmosférico em amônia, tornando-o disponível para a planta, agindo dessa forma como biorreguladores do crescimento vegetal (KUSS et al., 2007). Dentre as bactérias diazotróficas, as do gênero *Azospirillum*, com ênfase para *Azospirillum brasilense*, têm sido usadas como inoculante em diversos cultivos, especialmente para o milho (REIS, 2007), proporcionando resultados positivos na produtividade dessa cultura (KAPPES et al., 2013). Entretanto, Dartora et al. (2013) não encontraram efeitos da inoculação dessa bactéria no rendimento de grãos do milho.

Sabe-se que a fixação biológica de N realizada por bactérias diazotróficas tem grande influência para o cultivo de leguminosas, deixando o N disponível para o cultivo subsequente (HUNGRIA et al., 2010). Entretanto, estudos com inoculação de bactérias diazotróficas associativas no cultivo de milho e outras espécies de gramíneas ainda são inconsistentes.

A utilização de produtos reguladores de crescimento como o Stimulate® vem sendo testada na hipótese de incrementar a produtividade em diversas culturas, dentre elas o cultivo da soja, para a qual já foi confirmada influência na produtividade (ALBRECHT et al., 2012). O regulador de crescimento Kip milho®, derivado da linha *Kip Cullers*, é novo no mercado agrícola e até o momento poucas pesquisas têm avaliado a sua eficiência na produtividade do milho. Todavia, o regulador de crescimento da linha *Kip Cullers* destinado à cultura da soja demonstrou ser efetivo na produtividade de grãos (VIEIRA, 2014).

Assim, objetivou-se avaliar o efeito do arranjo espacial e de produtos biorreguladores do crescimento sobre a produtividade do milho. Este trabalho busca testar as seguintes hipóteses: i) o uso do biorregulador de crescimento *Azospirillum brasilense* é o mais efetivo na produtividade do milho; ii) o arranjo espacial simples de 0,45 m entre as linhas deve ser o mais efetivo na produtividade do milho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em segunda safra, no ano de 2014, em área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul, localizada nas coordenadas 18°46'17,8" de latitude sul, 52°37'27,7" de longitude oeste e com altitude de 813 m. O clima é classificado pelo método de Köppen (1948) como tropical úmido (Cwa). A temperatura anual fica compreendida entre 13 a 29°C e a precipitação pluviométrica média é de 1.850 mm, com concentração de chuva no verão e seca no inverno (CUNHA et al., 2013). Segundo classificação de Santos et al. (2013), o solo é do tipo Latossolo Vermelho distrófico. De acordo com as análises de solo da área experimental realizadas para este estudo, o solo possui as seguintes características químicas: pH (CaCl₂) 4,7, matéria orgânica 29,5 g dm⁻³, fósforo 11,6 mg dm⁻³, relação hidrogênio + alumínio (H + Al), potássio, cálcio, magnésio e capacidade de troca catiônica 5,3; 0,26; 2,3; 0,5; e 8,4 cmol_c dm⁻³, respectivamente, e percentagem de saturação por bases (V) de 36,6. O teor de argila é de 44%, enquanto o de areia é de 49% e o de silte, de 7%.

Avaliamos o efeito de arranjos espaciais e biorreguladores sobre *Zea mays*, cultivar do milho híbrido CD 3715 HX. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de três espaçamentos entre linhas e quatro produtos biorreguladores de crescimento, havendo também a testemunha. Os arranjos de plantas foram: (a) milho

semeado em linhas simples com espaçamento de 0,45 m entre linhas; (b) milho semeado em linhas duplas com espaçamento de 0,25 m dentro das linhas duplas e de 0,45 m entre as linhas duplas; (c) milho semeado em linhas duplas com espaçamento de 0,35 m dentro das linhas duplas e de 0,45 m entre as linhas duplas. Os biorreguladores de crescimento utilizados foram: (a) Stimulate® (0,009% de cinetina, 0,005% de auxina e 0,005% de ácido giberélico) aplicado no sulco de semeadura; (b) Azospirillum brasilense aplicado no sulco de semeadura; (c) Stimulate® aplicado via foliar; (d) Kip milho® (formula não disponível) aplicado via foliar.

Foi realizada a semeadura manual sob sistema convencional de plantio em fevereiro de 2014. No momento da semeadura foi realizada a pulverização de 1.000 mL ha⁻¹ de Stimulate® e *A. brasilense* sobre as sementes em sulco. Com o auxílio de um pulverizador de barra tratorizada, com vazão de 200 L ha⁻¹, o Stimulate® via foliar e o Kip milho® foram aplicados no estádio V6 (seis folhas totalmente expandidas) e V3 e V6, respectivamente, utilizando as doses de 500 mL ha⁻¹ para o Stimulate®, e 3 L ha⁻¹ para o Kip milho® para as duas aplicações.

A adubação de base foi feita com 500 kg ha⁻¹ de NPK formulado 04-14-08. A adubação de cobertura foi conduzida de acordo com o manejo convencional da cultural aos 20 e 25 dias após a emergência, sendo aplicados 65 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, para cada adubação. Para o manejo de plantas daninhas foi realizada uma aplicação de Soberan (240 mL ha⁻¹) + Atrazina (1 L ha⁻¹) + óleo mineral Nimbus (400 mL ha⁻¹). Não houve manejo de pragas e doenças. Os índices pluviométricos correspondentes aos meses de estudos estão apresentados na Figura 1.

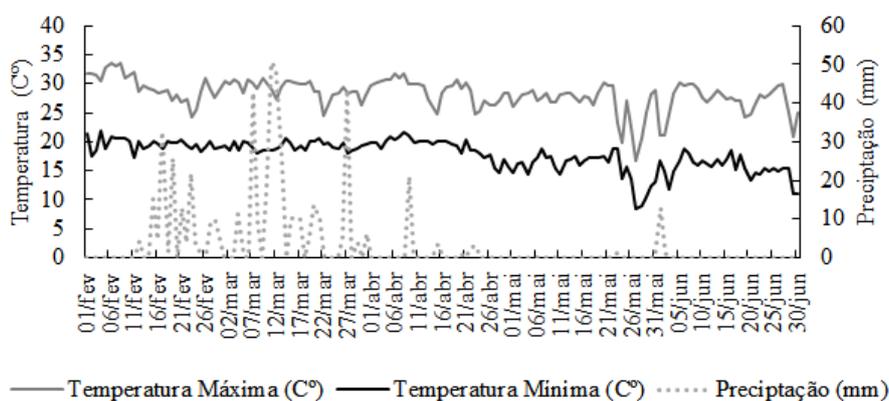


Figura 1. Temperatura e precipitação variaram entre fevereiro e junho/2016, respectivamente, durante o período do estudo.

Em pleno florescimento da cultura foram avaliados os seguintes parâmetros: massa seca, altura total, diâmetro do colmo ao nível do solo, número de fileiras por espiga, números de grãos por espiga, altura da inserção da primeira espiga e massa de grãos por espiga. Determinou-se também a população de plantas na fase de emergência e, posteriormente, no momento da colheita. Também foram avaliadas a massa de cem grãos e a produtividade de grãos, sendo os resultados expressos em kg ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 5, com três repetições, totalizando quarenta e cinco parcelas. Foi realizada a análise de variância seguida da comparação de médias utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade, com ajuda do programa SISVAR® (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior média de massa seca (527,8 g ha⁻¹) foi obtida no arranjo espacial de linha dupla de 0,35 m, com aplicação em sulco de Stimulate®, o qual diferiu ($p < 0,05$) dos demais arranjos e tratamentos. A segunda maior média de massa seca (469,9 g ha⁻¹) foi obtida no arranjo espacial em linha simples 0,45 m, com a aplicação via foliar de Kip milho®, diferindo dos demais arranjos e tratamentos (Tabela 1). A biomassa é importante para a estrutura da planta e suporte do seu próprio peso e o arranjo de plantas é um fator que interfere no aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa e, conseqüentemente, no acúmulo de biomassa (CALONEGO et al., 2011). Devido ao Stimulate® conter bactérias que excretam fitormônios como o ácido indolacético, este biorregulador é capaz de promover o crescimento da planta como um todo (BASHAN et al., 2004) e, conseqüentemente, aumentar a matéria seca vegetal. A inoculação de bioestimulante promoveu aumento no volume de raízes e este fato pode estar relacionado ao aumento de pelos radiculares e na formação e

desenvolvimento de raízes laterais, primárias e secundárias, consequentemente aumentando a absorção de nutrientes inorgânicos (CASANOVAS et al., 2002).

Tabela 1. Desdobramento da massa seca (g ha^{-1}) de plantas sob influência de biorreguladores de crescimento e arranjos espaciais no cultivo do milho, Chapadão do Sul, MS.

Arranjo espacial	Massa seca (g ha^{-1})				
	Biorreguladores de crescimento				
	Aplicação no sulco			Aplicação Via Foliar	
	Testemunha	Stimulate®	<i>A. brasilense</i>	Stimulate®	Kip Milho®
Simple 0,45 m	363,13aD	339,20cC	191,80bE	414,0aB	469,97aA
Duplo 0,25 m	282,71aD	407,90bAB	186,40bC	414,13aA	395,27bBC
Duplo 0,35 m	260,83bC	527,87aA	395,97aB	352,9bC	328,0cD
CV (%)			1,75		

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

O Stimulate® aplicado em sulco proporcionou maior altura média das plantas (2,3 m) para o arranjo em linhas simples, o qual diferiu dos demais arranjos, mas não dos demais tratamentos (Tabela 2). Com o arranjo de semeadura em linhas duplas de 0,25 m, o uso de Azospirillum brasilense no sulco propiciou maior altura para as plantas de milho, diferindo da testemunha e do arranjo espacial duplo de 0,35 m (Tabela 2). Podemos inferir que o bom desempenho obtido pela aplicação de bioreguladores de crescimento pode ser explicado devido à sua composição, possibilitando o incremento no crescimento e o desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular, a diferenciação e o alongamento das células (TAIZ & ZEIGER, 2004). Kappes et al. (2013) verificaram que a inoculação de sementes de milho com *A. brasilense* proporcionou maior altura de planta e de inserção de espiga, discordando dos resultados obtidos por Lana et al. (2012), os quais não verificaram respostas positivas sobre esses parâmetros.

Em relação ao diâmetro do caule, o arranjo espacial em linha simples (0,45 m) possibilitou a obtenção de valores de médias maiores quando utilizados todos os produtos biorreguladores de crescimento, diferindo significativamente dos demais arranjos espaciais ($p < 0,05$). Quando utilizados dois híbridos de milho XB 6010, XB 6012, XB 7253, XB 9003 e AG 9010 nos espaçamentos entre linhas de 0,45 e 0,90 m, foi verificado que o espaçamento de 0,45 m entre linhas proporcionou a obtenção de plantas com maior diâmetro, independentemente do híbrido (KAPEES, et al., 2011). A aplicação no sulco em arranjo espacial simples (0,45 m) de *A. brasilense* propiciou o maior aumento médio do colmo das plantas de milho (26,3 mm), diferindo dos demais tratamentos ($p < 0,05$) (Tabela 2). A redução do espaçamento torna as populações mais adensadas, resultando em aumento do crescimento da planta, como também na diminuição do colmo e da área foliar, devido à translocação de fotoassimilados para evitar o sombreamento (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O maior valor médio de número de fileiras por espiga (15,2) foi observado para a testemunha no arranjo espacial de 0,25 m, seguido de Stimulate® com 15,1 no arranjo espacial simples. No primeiro caso houve diferença ($p < 0,05$) para os demais arranjos espaciais e também para quase todos os tratamentos, com exceção de Kip milho® via foliar (Tabela 3). No segundo caso, foi observada diferença para os demais arranjos espaciais, mas em relação aos tratamentos diferiu ($p < 0,05$) apenas de Stimulate® via foliar. Cavallet et al. (2000) relataram em sua pesquisa que a inoculação de sementes de milho com *Azospirillum* spp., proveniente do produto comercial Graminante®, não apresentou efeito significativo quando comparado com o tratamento sob adubação nitrogenada, para o número de fileiras de grãos por espiga. Em outro estudo, a aplicação de *A. brasilense* nas sementes não contribuiu para aumentar o rendimento de grãos de milho (SANGOI et al., 2015).

Para o número de grãos por espiga, somente a aplicação no sulco com Stimulate® mostrou diferença entre os arranjos espaciais, no qual a maior média (33,20) foi obtida no espaçamento simples, diferindo dos demais arranjos e tratamentos ($p < 0,05$) (Tabela 3). A redução do espaçamento de 100 para 50 cm aumentou o rendimento de grãos por espiga, bem como o peso de grãos e produtividade de grãos de milho (SANGOI et al.,

2001). Estes autores afirmam ainda que o rendimento promovido pela utilização de linhas estreitas pode estar relacionado com melhor interceptação e maior eficiência de utilização da radiação. Entretanto, já foi verificada redução do número de grãos por espiga à medida em que houve aumento na densidade populacional, sendo mais acentuada nos espaçamentos de 0,40 e 0,60 m (DEMÉTRIO et al., 2008). Entretanto, a inoculação de sementes de milho com *Azospirillum* spp. refletiu em maior produção de grãos de milho por espiga (CAVALLET et al., 2000).

Tabela 2. Desdobramento para altura de plantas (m) e diâmetro do colmo (mm) ao nível do solo de plantas, sob influência de biorreguladores de crescimento e arranjos espaciais no cultivo do milho, Chapadão do Sul, MS.

Parâmetro	Arranjo espacial	Biorreguladores de crescimento				
		Aplicação no sulco			Aplicação Via Foliar	
		Testemunha	Stimulate®	<i>A. brasilense</i>	Stimulate®	Kip Milho®
Altura de plantas (m)	Simple 0,45 m	2,27aA	2,30aA	2,31aA	2,23bA	2,31aA
	Duplo 0,25 m	2,15bC	2,21bBC	2,35aA	2,27abAB	2,31aA
	Duplo 0,35 m	2,26aAB	2,15bC	2,20bBC	2,31aA	2,24aAB
CV (%)		1,68				
Diâmetro do colmo (mm)	Simple 0,45 m	20,43aD	24,69aB	26,36aA	23,17aC	22,84aC
	Duplo 0,25 m	18,77bB	21,0bA	18,53bB	20,67bA	21,47bA
	Duplo 0,35 m	19,51abA	18,93cA	19,57bA	20,06bA	18,62cA
CV (%)		2,91				

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Tabela 3. Desdobramento do número de fileiras de grãos e números de grãos por espiga sob influência de biorreguladores de crescimento e arranjos espaciais no cultivo do milho, Chapadão do Sul, MS.

Parâmetro	Arranjo espacial	Biorreguladores de crescimento				
		Aplicação no sulco			Aplicação Via Foliar	
		Testemunha	Stimulate®	<i>A. brasilense</i>	Stimulate®	Kip Milho®
Número de fileiras por espiga	Simple 0,45 m	14,67bAB	15,10aA	14,80abAB	14,40aB	14,80aAB
	Duplo 0,25 m	15,20aA	14,67bB	14,53bB	14,53aB	14,93aAB
	Duplo 0,35 m	14,67bAB	14,67bAB	15,07aA	14,67aAB	14,53aB
CV (%)		1,35				
Número de grãos por espiga	Simple 0,45 m	30,29aB	33,20aA	30,13aB	29,13aB	30,58aB
	Duplo 0,25 m	29,75aBC	31,44abAB	31,0aAB	28,33aC	32,22aA
	Duplo 0,35 m	30,15aA	30,04bA	30,27aA	30,07aA	31,04aA
CV (%)		2,97				

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

O uso de *A. brasilense* resultou em maior altura de inserção de primeira espiga para o arranjo duplo de 0,25 m, o qual atingiu 12 cm ou 14,5% a mais que a média dos outros dois arranjos, para os quais diferiu significativamente ($p < 0,05$), e também em relação à testemunha. Com o uso do Kip milho®, a maior altura de inserção da primeira espiga também foi observada para o arranjo duplo de 0,25 m, onde a altura média da primeira espiga foi 11 cm acima do arranjo duplo de 0,35 m e 12 cm a mais que a testemunha, sendo significativamente diferente ($p < 0,05$) (Tabela 4). Incrementos na altura de plantas e da primeira espiga foram obtidos com a redução do espaçamento entre linhas em estudos realizados por Alvarez et al. (2006). Neste estudo, somente a redução do espaçamento entre plantas não promoveu incremento da altura de inserção da primeira espiga, sendo este parâmetro dependente do uso de produtos biorreguladores de crescimento, como já observado em outro estudo (SANGOI et al., 2002).

Tabela 4. Desdobramento de médias para altura de inserção da primeira espiga (m) e massa de grãos por espiga (g ha^{-1}) sob influência de biorreguladores do crescimento e arranjos espaciais no cultivo do milho, Chapadão do Sul, MS.

Parâmetro	Arranjo espacial	Biorreguladores de crescimento				
		Aplicação no sulco			Aplicação Via Foliar	
		Testemunha	Stimulate®	<i>A. brasilense</i>	Stimulate®	Kip Milho®
Altura de inserção da primeira espiga (m)	Simples 0,45 m	0,85aA	0,85aA	0,82bA	0,91aA	0,92abA
	Duplo 0,25 m	0,83aB	0,86aAB	0,95aA	0,90aAB	0,96aA
	Duplo 0,35 m	0,89aA	0,81aA	0,84bA	0,91aA	0,85bA
CV (%)		1,44				
Massa de grãos por espiga (g ha^{-1})	Simples 0,45 m	107,28aA	101,20bB	100,51cB	106,75aA	92,23bC
	Duplo 0,25 m	97,42bB	98,02bB	107,30bA	108,42aA	97,07aB
	Duplo 0,35 m	92,48cD	111,90aB	117,57aA	95,11bC D	98,24aC
CV (%)		1,64				

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Para a população final de plantas, a qual constitui importante fator para a determinação da produtividade do milho, Stimulate® via foliar no arranjo espacial duplo de 0,35 m apresentou a maior densidade (69083 plantas) e foi diferente ($p < 0,05$) tanto em relação aos demais arranjos quanto aos outros tratamentos (Tabela 5). Diferentemente do observado neste estudo, a utilização de reguladores de crescimento em sementes de feijão não foi efetiva no stand final de plantas entre tratamentos e a testemunha pela aplicação de Stimulate® (ALLEONI et al., 2000).

Além da aplicação de biorreguladores, deve-se levar em consideração o tipo de espaçamento implantado. Dentro das formas de manipulação do arranjo, a densidade populacional é a que tem maior efeito no rendimento de grãos, pois pequenas modificações na população são responsáveis por grandes alterações no rendimento final (SILVA et al., 2008). Entretanto, densidades muito elevadas podem reduzir a atividade fotossintética e a eficiência de fotoassimilados nos grãos, podendo causar aumento na esterilidade feminina, diminuição de grãos por espigas e redução do rendimento final de grãos (DEMÉTRIO et al., 2008). Além disso, a maior densidade de plantas pode ocasionar menor oxidação de auxinas decorrente da proximidade, estimulando o alongamento celular e, com isso, os entrenós do colmo são mais longos, aumentando a estatura da planta, provocando o sombreamento das mesmas e, assim, interferindo na produtividade (SANGOI et al., 2002).

Tabela 5. Desdobramento de médias para população inicial de plantas ha⁻¹, sob influência de biorreguladores de crescimento e arranjos espaciais no cultivo do milho, Chapadão do Sul, MS.

Parâmetro	Arranjo espacial	Biorreguladores de crescimento				
		Aplicação no sulco			Aplicação Via Foliar	
		Testemunha	Stimulate®	<i>A. brasilense</i>	Stimulate®	Kip Milho®
Pop. inicial de plantas	Simples 0,45 m	64691bB	66667aA	63210bB	58765cC	59753cC
	Duplo 0,25 m	67302aA	63809bB	67936aA	64444bB	63809bB
	Duplo 0,35 m	66389aC	64722bCD	63889bD	70833aA	68333aB
CV (%)		1,21				
Pop. final de plantas	Simples 0,45 m	60000bB	65185aA	59926bB	54074cC	54815cC
	Duplo 0,25 m	64762aAB	60476bCD	65857aA	62857bBC	60000bD
	Duplo 0,35 m	64167aB	56167cC	58333bC	69083aA	64333aB
CV (%)		1,87				

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Tabela 6. Desdobramento de médias para massa de cem grãos (g), e produtividade de grãos (kg ha⁻¹), sob influência de biorreguladores do crescimento e arranjos espaciais no cultivo do milho, Chapadão do Sul, MS.

Parâmetro	Arranjo espacial	Biorreguladores de crescimento				
		Aplicação no sulco			Aplicação Via Foliar	
		Testemunha	Stimulate®	<i>A. brasilense</i>	Stimulate®	Kip Milho®
Massa de cem grãos (g ha ⁻¹)	Simples 0,45 m	23,31aAB	25,12bA	23,55bAB	25,30aA	23,0aB
	Duplo 0,25 m	24,57aAB	26,26bA	25,31aA	24,43aAB	22,7aB
	Duplo 0,35 m	24,87aBC	35,71aA	26,63aB	22,16bC	23,6aBC
CV (%)		3,47				
Prod. de grãos (kg ha ⁻¹)	Simples 0,45 m	6016,77bA	5879,16bAB	5968,17aAB	6024,50aA	5840,08aB
	Duplo 0,25 m	6235,89aA	5757,72bCD	5961,59aB	5606,73bD	5915,40aBC
	Duplo 0,35 m	5699,47cB	6422,84aA	5820,71bB	5318,09cC	5300,46bC
CV (%)		1,18				

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

O uso de produtos biorreguladores de crescimento dentro de cada arranjo espacial proporcionou aumento da massa de cem grãos apenas no arranjo duplo de 0,35 m, sendo que nesse caso a aplicação de Stimulate® no sulco resultou em acréscimo de 43,5% em comparação à testemunha e de 56,1% em comparação com a média dos demais produtos. Nessa condição, a média de massa de cem grãos (35,71) foi diferente dos demais arranjos e tratamentos ($p < 0,05$) (Tabela 6). Confirmando tal resultado, observa-se que o arranjo isoladamente não interferiu

na massa de cem grãos, pois não houve efeito para arranjo dentro da testemunha, corroborando com Demétrio et al. (2008).

A maior produtividade de grãos (6422,8 Kg ha⁻¹) foi registrada para o tratamento com aplicação de Stimulate® no sulco no arranjo espacial duplo de 0,35 m, diferindo dos demais arranjos e também dos demais tratamentos ($p < 0,05$) (Tabela 6). Diferentemente dos resultados deste estudo, a produtividade de grãos de milho não foi influenciada pelo bioregulador Stimulate® na cultivar híbrido simples (GNZ 2004) e de uma linhagem (L57) (FERREIRA et al., 2007). Em outro estudo, a inoculação com *A. brasilense* proporcionou de 24 a 30% de incremento no rendimento de grãos de milho em relação à ausência de inoculação (HUNGRIA et al., 2010). Em sementes de soja cultivar BRS 246 RR, Albrecht et al. (2012) verificaram que o biorregulador de crescimento interfere positivamente na produtividade; os autores obtiveram 4.074,78 kg ha⁻¹ com a aplicação via foliar do biorregulador e 3.776,25 kg ha⁻¹ sem tratamento de sementes. Os resultados para a aplicação e não aplicação do biorregulador de crescimento devem ser relacionados ao tipo de cultura utilizada, bem como a dose aplicada também deve ser estudada; neste trabalho, a dose utilizada foi de 500 mL ha⁻¹ do biorregulador de crescimento, proporcionando resultados positivos. Porém, alguns autores (ÁVILA et al., 2008; KLAHOLD et al., 2006) afirmam que doses crescentes de biorreguladores possuem limite para o efeito promotor de crescimento devido ao desbalanço hormonal, de modo tal que podem ocorrer efeitos fisiológicos negativos, inibindo o crescimento do vegetal.

Além de biorreguladores, o arranjo espacial de plantas de milho também pode favorecer o aumento da produtividade de grãos por interferir na radiação fotossintética ativa e na disponibilidade de água e nutrientes (CALONEGO et al., 2011). Assim, segundo Zanine & Santos (2004), o arranjo de plantas mais equidistante diminui o auto-sombreamento e retarda a competição intraespecífica, o que oferece à planta maior captura de recursos do solo. Os resultados deste estudo mostraram que a inoculação de biorreguladores de crescimento nas sementes tem potencial para incremento na produtividade de milho quando associado ao tipo de espaçamento. Todavia, o sucesso de produtividade usando a combinação arranjo-biorregulador depende também fatores não controlados como a disponibilidade de água (chuva), disponibilidade de radiação solar e aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa, tornando o processo de crescimento da planta e produtividade bastante complexo.

4. CONCLUSÕES

O uso de produtos biorreguladores de crescimento e de arranjos espaciais de semeadura influenciou o crescimento e a produtividade de grãos de milho. Entretanto, a hipótese de que *Azospirillum brasilense* seria o biorregulador mais efetivo na produtividade do milho não se confirmou. Da mesma forma, o arranjo espacial simples de 0,45 m não foi o melhor para os parâmetros aqui testados, especialmente a produtividade, refutando a segunda hipótese. O uso de Stimulate® em sulco aliado ao arranjo espacial de semeadura em linhas duplas de 0,35 m foi o mais eficiente, possibilitando o incremento da produtividade de grãos de milho;

Para uma análise de custo é interessante considerar que o custo da utilização de produtos reguladores de crescimento está abaixo de uma saca por hectare. Assim, a diferença entre o melhor tratamento, arranjo duplo 0,35 m com uso de Stimulate® aplicado em sulco, e o segundo melhor tratamento, arranjo duplo 0,25 m sem uso de produtos, foi de 187 kg ou 3,1 sacas, justificando a utilização de biorreguladores do crescimento para a produção de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate® no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v.6, n.1, p.23-35, 2000.
- ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A. DE L. E; SCAPIM, C.A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A.J.P. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 774-782, 2012.
- ALVAREZ, C.G.D.; PINHO, R.G.; BORGES, I.D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.402-408, 2006.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Revista Ciência Rural**, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.

- AVILA, M.R.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ALBRECHT, L.P.; TONIN, T.A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, v.65, n.6, p.604-612, 2008.
- BASHAN, Y; HOLGUIN G.; DE-BASHAN L.E. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v.50, n.8, p.521-577, 2004.
- CALONEGO, J.C.; POLETO, L.C.; DOMINGUES, F.N.; TIRITAN. C.S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Revista Agrarian**, v.4, n.12, p.84-90, 2011.
- CASANOVAS, E.M.; BARASSI, C.A.; SUELDO, R.J. *Azospirillum* inoculation mitigates water stress effects in maize seedlings. **Cereal Research Communications**, v.30, n.3, p.343-350, 2002.
- CAVALLET, L.E.; PESSOA, A.C. DOS S.; HELMICH, V.J.J.; HELMICH, P.R.; OST, C.F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum spp.* **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.129-132, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-4366200000100024>
- CUNHA, F.F.; MAGALHÃES, F.F.; CASTRO, M.A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul – MS. **Revista Engenharia na agricultura**, v.21, n.2, p.159-172, 2013.
- DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1023-1029, 2013.
- DEMÉTRIO, C.S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Revista Pesquisa agropecuária brasileira**, v.43, n.12, p.1691-1697, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008001200008>
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Revista Ciência Agrotécnica**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- FERREIRA, L.A.; OLIVEIRA, J.A.; PINHO, E.V. de R.V.; QUEIROZ D.L. de. Bioestimulante e Fertilizante Associados ao Tratamento de Sementes de Milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.80-89, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000200011>
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.S. & PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, n.1, p.413-425, 2010. DOI: [10.1007/s11104-009-0262-0](http://dx.doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0)
- KAPPES, C.; ARF, O.; VALENTINI, M.A.; FERREIRA, J.P.; DAL BEM, E.A; Portugal, J.R.; VILELA, R.G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.2, p.527-538, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n2p527>
- KAPPES, C.; ANDRADE, J.A. DA C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A.C. DE; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p.334-343, 2011.
- KLAHOLD, C.A.; GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M.M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R.L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulantes. **Acta Scientiarum**, v.28, n.2, p.179-185, 2006.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**. Fundo de Cultura Econômica, México: Buenos Aires, 479p, 1948.
- KUSS, A.V.; KUSS, V.V.; LOVATO, T.; FLORES, L. Fixação de nitrogênio e produção de ácido indolacético in vitro por bactérias diazotróficas endofíticas. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1459-1465, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007001000013>
- LANA, M. do C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J.E.H. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v.59, n.3, p.399-405, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000300016>
- NORRIS, R.F.; ELMORE, C.L.; REJMÁNEK, M.; AKEY, W.C. Spatial arrangement, density, and competition between barnyardgrass and tomato: I Crop growth and yield. **Weed Science**, v.49, n.1, p.61-68, 2001. DOI: [http://dx.doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0061:SADACB\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0061:SADACB]2.0.CO;2)

- PEREIRA, F.R. DA S.; CRUZ, S.C.S.; ALBUQUERQUE, A.W. DE; SANTOS, J.R.; SILVA, E.T. DA. Arranjo espacial de plantas de milho em sistema plantio direto. **Revista brasileira engenharia agrícola ambiental [online]**, v.12, n.1, pp.69-74, 2008. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000100010>.
- PROVENZI, F.D.; BERGAMO, R.; DEBASTIANI, W.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Arranjo espacial de plantas em duas cultivares de trigo. **Revista Unoesc & Ciência-ACET**, v.3, n.1, p.31-36, 2012.
- REIS, V.M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, p.1-22, 2007.
- SANGOI, L.; SILVA, L.M.M.DA; MOTA, M.R.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N.M.; GIORDANI, W.; SCHENATTO, D.E. Desempenho agrônomico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum sp.* e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.4, p.1141-1150, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbs20140736
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; GRACIETTI, M.A.; BIANCHET, P. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.1, n.2, p.60-66, 2002.
- SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L. DE; HEBERLE, P.C. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.36, n.6, p.861-869, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000600003>
- SANTOS, H.G.DOS; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.V.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ed. Rio de Janeiro: Revista Ampliada. 2013, p.1-300.
- SILVA, T.T.A.; PINHO, E.V. DE R.V.; CARDOSO, D.L.; FERREIRA, C.A.; ALVIM, P.O.; Da COSTA, A.A.F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Revista Ciência Agrotécnica**, v.32, n.3, p.840-844. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000300021>
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3rd ed. Porto Alegre: Artmed. 2004, 559p.
- VIEIRA, J.S. **Avaliação de bioestimulante em soja**. Ijuí-RS, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Monografia (Graduação em Agronomia), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2014.
- ZANINE, A.M. & SANTOS, E.M. Competição entre Espécie de Plantas – uma Revisão. **Revista da Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v.11, n.1, p.10-30, 2004.

