



BRUNO DE CARVALHO CUNHA

**EFEITO DE BIOESTIMULANTES NA
FITOTOXICIDADE CAUSADA POR 2,4-D NA
CULTURA DO MILHO**

Lavras – MG

2019

BRUNO DE CARVALHO CUNHA

**EFEITO DE BIOESTIMULANTES NA FITOTOXICIDADE
CAUSADA POR 2,4-D NA CULTURA DO MILHO**

Monografia apresentada ao Colegiado
do Curso de Agronomia, para a obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador

Dra. Fernanda Carvalho Lopes de Medeiros

Coorientador

Dr. Flavio H. V. Medeiros

LAVRAS – MG

2019

BRUNO DE CARVALHO CUNHA

**EFEITO DE BIOESTIMULANTES NA FITOTOXICIDADE
CAUSADA POR 2,4-D NA CULTURA DO MILHO**

Monografia apresentada ao Colegiado
do Curso de Agronomia, para a obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

APROVADA EM 12 de junho de 2019.

Dra. Fernanda Carvalho Lopes de Medeiros UFLA

Dr. Flavio H. V. Medeiros UFLA

Dr. Ademilson de Oliveira Alecrim UFLA

Msc. Giovani Belutti Voltolini UFLA

Orientador

Dra. Fernanda Carvalho Lopes de Medeiros

Coorientador

Dr. Flavio H. V. Medeiros

LAVRAS – MG

2019

A Alexandre, meu pai; amado, grande exemplo de superação, humildade e amor. Grande amigo que me ensinou que a família é a essência do ser humano.

A Valdirene, mãe; amada, mulher dedicada à família. A semente do seu amor hoje colhe frutos, seu empenho, amor e dedicação jamais serão esquecidos.

A Gabriela, irmã; pela amizade, pelo amor em seu pleno significado, por todo seu apoio.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, que me abençoa todos os dias, de tantas formas diferentes, meu guia em todas as decisões.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura (DAG), pela oportunidade de estudar na universidade referência em agricultura.

Ao Grupo de Estudos em Herbicidas, Plantas Daninhas e Alelopatia (GHPD), onde além de adquirir conhecimento técnico, científico e prático, tive a oportunidade de construir grandes amizades e dividir experiências únicas.

À professora Dra. Fernanda Carvalho Lopes de Medeiros, pela orientação, apoio, paciência, amizade e ensinamentos que são de grande relevância no meu crescimento profissional.

Ao Centro de Inteligência em Mercados (CIM), por ter feito parte da minha trajetória durante a universidade, onde pude desenvolver habilidades e adquirir conhecimentos diversos.

À República Mato Dentro, grande família que me recebeu em Lavras no ano de 2013, que me ensinou muito sobre a vida, onde tive a oportunidade de amadurecer, viver ótimos momentos e construir grandes amizades. É com grande honra que digo que faço parte dessa história.

Ao amigo Bruno Aguiar, pela amizade e apoio, tão importantes na trajetória universitária.

E especialmente à República Café e Viola, grande família que me acolheu durante o último ano de graduação, aqui tive a oportunidade de aprender tanto em tão pouco tempo, pude construir amizades valiosas e verdadeiras, casa abençoada.

RESUMO

A cultura do milho ocupa posição de destaque na produção de alimentos. Todavia, sabe-se que as perdas de produtividade, causadas pela presença de plantas daninhas nessa cultura podem implicar em grande prejuízo, dentre os métodos de controle, o químico, com aplicação de herbicidas, é utilizado em quase todos os cultivos agrícolas, e o ingrediente ativo 2,4-D possui grande importância, porém sabe-se que sua aplicação pode causar fitotoxicidade na cultura. Desse modo, foram estudados os efeitos de agentes bioestimulantes dos gêneros *Bacillus*, *Trichoderma* e suas associações com o fertilizante foliar Initiate Soy na fitotoxicidade causada pelo herbicida 2,4-D em diferentes épocas de aplicação na cultura do milho. O experimento foi conduzido na fazenda experimental Muquém, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de janeiro a maio de 2019, no município de Lavras – MG. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições, disposto em fatorial 6x5. Os fatores foram os agentes bioestimulantes: Bioufla (*Bacillus*), Quality (*Trichoderma*) e Initiate Soy (fertilizante foliar) em associação à diferentes épocas de aplicação do herbicida 2,4-D. Os níveis do primeiro fator foram: Testemunha; Bioufla; Bioufla + Initiate Soy; Initiate Soy; Quality e Quality + Initiate Soy. Já os níveis do segundo fator foram: sem 2,4-D e sem capina mecânica; sem 2,4-D e com capina mecânica; plante e aplique (aplicado no dia da semeadura); pós V3-V4 (aplicado em estágio fenológico V3-V4) e pós V6-V7 (aplicado em estágio fenológico V6-V7). Avaliou-se a fitotoxicidade através da escala de notas EWRC; quando as plantas de milho encontravam-se no estágio fenológico V3-V4, posteriormente em V6-V7 e em V10; “stand” inicial, 15 dias após a semeadura e final realizada em pré-colheita; senescência do colmo classificando como senescente ou não senescente; e a produtividade, avaliada na colheita dos grãos com a umidade padronizada em 13%. Os agentes bioestimulantes Bioufla e Initiate Soy apresentaram resultados na detoxificação do herbicida 2,4-D em estágio inicial de desenvolvimento da planta. A testemunha “sem 2,4-D com capina” apresentou maior “stand” para a cultura do milho. Verificou-se que a aplicação de 2,4-D na cultura do milho deve ser feita até o estágio fenológico V3-V4, visando assim evitar a ocorrência de sintomas de fitotoxicidade. A produtividade e a senescência das plantas não foram influenciadas em função da utilização de bioestimulantes e épocas de aplicação do herbicida 2,4-D.

Palavras-chave: Herbicida. Plantas Daninhas. Época de Aplicação.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 Fator 1, níveis e doses.....	12
Quadro 2 Fator 2, níveis e dose	12
Quadro 3 Tratamentos e fatores.....	12
Quadro 3 Continuação	13
Quadro 3 Conclusão.....	14
Quadro 4, Escala de Fitotoxicidade EWRC, 1964.....	15
Tabela 1 Resumo das análises de variância para “stand” inicial (SI), fitotoxicidade (FT), senescência (SC), produtividade (PD) e “stand” final de plantas de milho em função da aplicação do herbicida 2,4-D, em diferentes épocas e com o uso de agentes bioestimulantes (SF).....	18
Figura 1 “Stand” de plantas de milho que receberam herbicida no dia da semeadura, aos 5 dias após a semeadura (A), 8 dias após a semeadura (B) e 15 dias após a semeadura (C)	17
Figura 2 Deformação nas raízes e colmo, formação de raízes aéreas (A), clorose e encarquilhamento (B) e acamamento (C)	18
Figura 3 Médias da variável “stand” inicial de plantas/ha, referentes ao fator “época de aplicação”. Lavras, MG – 2019	19
Figura 4 Médias de notas da variável fitotoxicidade, referentes ao fator “época de aplicação”. Lavras, MG – 2019.....	20
Figura 5 Médias de notas da variável fitotoxicidade, referentes ao fator “agentes bioestimulantes”. Lavras, MG – 2019.....	21
Figura 6 Médias da porcentagem de plantas com espiga, da variável “stand” final referentes ao fator “época de aplicação”. Lavras, MG – 2019	22
Figura 7 Médias da porcentagem de plantas com espiga, da variável “stand” final referentes ao fator “agentes bioestimulantes”. MG – 2019	23
Figura 8 Médias da porcentagem de plantas senescentes, da variável senescência, referentes ao fator “época de aplicação”. Lavras, MG – 2019..	24
Figura 9 Médias da porcentagem de plantas senescentes, da variável senescência, referentes ao fator “agentes bioestimulantes”. Lavras, MG – 2019	25
Figura 10 Médias de produtividade da variável produtividade, referentes ao fator “época de aplicação”. Lavras, MG – 2019	26

Figura 11 Médias de produtividade, da variável produtividade, referentes ao fator “agentes bioestimulantes”. Lavras, MG – 2019 27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEORICO	2
2.1 Herbicidas Aplicados às Folhas – Sistêmicos	3
2.2 O herbicida 2,4-D	4
2.3 Seletividade.....	5
2.4 Resistência sistêmica adquirida e induzida (SAR e ISR)	7
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Avaliações	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
6 CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho ocupa posição de destaque na produção de alimentos e conseqüentemente na economia brasileira. Todavia, sabe-se que as perdas de produtividade, causadas pela presença de plantas daninhas nessa cultura, podem implicar em grande prejuízo, diferindo em função da espécie, do grau de infestação, do tipo de solo e das condições climáticas, além do estágio de desenvolvimento da cultura em relação ao clima. Neste sentido, o controle das mesmas é necessário, visando a busca pelo teto produtivo da cultura, sem a ocorrência de competição com as plantas daninhas. Assim, dentre os métodos de controle empregados, o químico ainda é o mais utilizado (KARAM; MELHORANÇA, 2006).

Por meio do método químico de controle de plantas daninhas os herbicidas são utilizados em quase todos os cultivos agrícolas, e o ingrediente ativo 2,4-D possui grande importância. O herbicida 2,4-D, ou ácido dicloroflenoxiacético, é um dos herbicidas mais utilizado no mundo por ser um herbicida orgânico, sistêmico, seletivo e de baixo custo. Ele está inserido no grupo de herbicidas que se comportam como mimetizadores de auxinas, que também são conhecidos como reguladores de crescimento ou herbicidas hormonais, em função da similaridade estrutural com a auxina natural das plantas (OLIVEIRA JÚNIOR, 2005).

O uso de herbicidas auxínicos, como o 2,4-D, mesmo em cultivares tolerantes, podem gerar condições de estresse, evidenciado pelo aumento da fitotoxicidade, que afeta o crescimento, desenvolvimento e a produtividade. Para inativar os efeitos tóxicos de herbicidas as plantas possuem diferentes sistemas de defesa (BOR, OZDEMIR, TURKAN, 2003), permitindo a elas adaptarem-se para minimizar os danos, que podem ocorrer pela ação dos herbicidas (RADETSKI, COTELLE, FERAD, 2000).

A utilização de bioestimulantes que induzem defesas da planta representam uma ferramenta útil que pode ajudar a mitigar os efeitos prejudiciais do estresse (DU JARDIN, 2015). Os aminoácidos também são relatados como redutores do estresse de plantas, devido ao efeito antioxidante no metabolismo (TEIXEIRA et al., 2017)

Sugere-se que o efeito provocado por herbicidas pode ser contornado por meio da ação de alguns microrganismos e agentes com potenciais aptidões bioestimulantes, como os microrganismos (dos gêneros *Trichoderma* e *Bacillus*) que possuem ação conhecida sobre o controle de fitopatógenos e na promoção de crescimento.

Sendo assim, buscando soluções para amenizar estresses oxidativos na cultura do milho, objetivou-se estudar o efeito de agentes bioestimulantes na detoxificação do herbicida 2,4-D em diferentes épocas de aplicação do herbicida nas plantas de milho.

2 REFERENCIAL TEORICO

As plantas daninhas competem com a cultura do milho por água, luz e nutrientes minerais, além de apresentarem também influências indiretas, atuando como hospedeiros alternativos de doenças e pragas, além de algumas vezes terem ações alelopáticas, ocasionando perdas na produção do milho (KARAM; MELHORANÇA, 2006).

Dentre os métodos de controle de plantas daninhas no cultivo do milho, o químico ainda é o mais utilizado. Se tratando do controle químico em milho, algumas considerações devem ser feitas, como a seletividade do herbicida para a cultura, a eficiência no controle das principais espécies na área cultivada e o efeito residual dos herbicidas para as culturas que serão implantadas em sucessão ao milho (KARAM; MELHORANÇA, 2006).

2.1 Herbicidas Aplicados às Folhas – Sistêmicos

Antes que o herbicida aplicado cause algum efeito na planta ele precisa ser absorvido, os dois principais caminhos de absorção são órgãos aéreos (folhas, caules, flores e gemas) e subterrâneos (raízes, rizomas, bulbos, tubérculos e sementes). Nas folhas, onde são aplicados a maioria dos herbicidas, existem duas rotas por onde podem ser absorvidos, a rota lipoidal (ou apolar) e a aquosa (ou polar). Compostos polares, como o caso do 2,4-D, penetram através da via aquosa (GWYNNE; MURRAY apud MARCHI 2008).

Após a penetração pela cutícula das folhas, os herbicidas sistêmicos precisam ganhar acesso ao sistema de transporte de longa distância do floema para atingir áreas remotas do local de contato de sua aplicação. Porém compostos sistêmicos se movimentam pelo floema e também pelo xilema. (VIDAL apud MARCHI 2008).

O xilema é um tecido pelo qual a planta transporta nutrientes e água para a parte aérea, absorvidos pela raiz, já o floema é um tecido que transporta fotoassimilados, produzidos por meio da fotossíntese nas folhas, para as raízes e para partes aéreas em crescimento.

Os herbicidas translocados pelo floema se movem para o sistema radicular e parte aérea, suprimindo, portanto, o crescimento das raízes e rizomas, bem como da parte aérea. Com isso, controlam bem plantas daninhas perenes. 2,4-D, 2,4-D mais Picloram, Dicamba e Glifosato são exemplos de herbicidas sistêmicos que são translocados no floema e promovem bom controle de certas plantas daninhas perenes 2008,).

2.2 O herbicida 2,4-D

Este produto foi utilizado pela primeira vez durante a Guerra do Vietnã, o herbicida, junto com o ácido 2,4,5 triclofenoxiacético (2,4,5-T) e o pentaclorofenol, formaram o “agente laranja”, usado pela força aérea norte-americana como agente desfolhante (PRADO; VIEIRA, 1998). Ficou assim conhecido pelo fato da mistura ser armazenada em tambores que possuíam uma faixa laranja em sua parte exterior. Entretanto, após a guerra, continuou sendo usado em substituição a capina mecânica em diversas culturas, diminuindo dessa forma a mão de obra e aumentando a produtividade.

Segundo Oliveira Júnior, (2005), o 2,4-D está inserido no grupo de herbicidas que se comportam como mimetizadores de auxinas, que também são conhecidos por reguladores de crescimento ou herbicidas hormonais, em função da similaridade estrutural com a auxina natural das plantas.

A auxina foi o primeiro hormônio descoberto em plantas e é um, dentre uma vasta gama, dos agentes químicos sinalizadores que regulam o desenvolvimento vegetal. Uma das principais funções da auxina nos vegetais superiores é a regulação do crescimento por alongamento de caules jovens (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Segundo Marchi (2008), as auxinas ocorrem naturalmente nas plantas e são importantes para o seu crescimento e desenvolvimento, porém alguns estudos provaram que doses crescentes de auxinas, ou substâncias químicas sintéticas similares se comportam como herbicidas. Os herbicidas auxínicos, em baixas doses, possuem propriedades hormonais similares à auxina natural, entretanto com o aumento da taxa de aplicação, eles causam anormalidades em dicotiledôneas.

O mecanismo de ação destes compostos envolve o metabolismo de ácidos nucleicos e a plasticidade da parede celular. Esses herbicidas causam, por meio da ativação da ATPase, acidificação da parede celular, o que causa a redução do pH no citosol e induz à alongação celular pelo aumento da

atividade de algumas enzimas. Com o aumento das concentrações levam à síntese de auxinas e giberelinas, o que acarretará em divisão e alongamento celular acelerado e desordenado, causando o esgotamento da planta. Além disso, estes herbicidas estimulam a liberação de etileno que, em alguns casos, pode produzir sintomas característicos de epinastia associados à exposição a estes herbicidas (SENSEMAN, 2007).

O primeiro sintoma evidente de injúrias de herbicidas hormonais em plantas de folhas largas é a epinastia das folhas e pecíolos. À medida que outras funções metabólicas são afetadas, o metabolismo geral e as funções celulares normais são interrompidas, causando o aparecimento de sintomas como deformações nas nervuras e no limbo foliar; paralisação do crescimento e engrossamento das raízes, principalmente na região das gemas, podendo induzir ao aparecimento de raízes adventícias; tumores ao longo do caule da planta (principalmente nos nós), os quais estão ligados à obstrução do fluxo do floema; a morte de plantas susceptíveis ocorre de forma lenta, geralmente entre 3 e 5 semanas após a aplicação. (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011, p. 146).

2.3 Seletividade

As gramíneas, são em grande parte, tolerantes aos herbicidas mimetizadores de auxina, as que são eventualmente afetadas desenvolvem enrolamento de folhas e formação anormal de estruturas vegetativas e reprodutivas (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011)

Segundo o mesmo autor, de modo geral, a tolerância das gramíneas ocorre devido a um somatório de fatores, como baixa penetração nestas plantas, translocação pelo floema limitado por causa de estruturas como nós e meristema intercalar.

Porém, em trabalho realizado por Reis et al. (2010), com o objetivo de avaliar diferenças no desenvolvimento vegetativo e fitotoxicidade na

cultura do milho sob efeito de diferentes concentrações de 2,4-D em aplicações pré e pós-emergência mostraram que os aumentos das doses em pré-emergência resultaram em uma tendência de redução do tamanho de plantas, notou-se também uma tendência de fitotoxicidade, além de que a massa verde e matéria seca apresentarem uma acentuada queda até a dose final em pré e pós-emergência. Concluindo que a utilização do 2,4-D incrementa efeito de fitotoxicidade, provocando efeitos negativos sobre a cultura do milho.

Sabe-se também que os herbicidas reguladores de crescimento como o 2,4-D, podem provocar injúrias no milho quando a aplicação ocorrer fora do estágio recomendado ou sobre plantas estressadas, tendo por exemplo a necessidade de ser respeitado rigorosamente o intervalo entre dessecação e semeadura quando se usar o herbicida a base de 2,4-D, pois essa molécula, apesar de ter sua recomendação em pós-emergência para o controle de folhas largas, poderá afetar tanto a cultura como as plantas daninhas durante o período médio de 8 dias (VARGAS et al., 2006).

O 2,4-D deve ser aplicado observando-se o estágio da cultura econômica, ou seja, a aplicação deste herbicida deve ocorrer no máximo quando as plantas de milho estiverem no estágio de três a quatro folhas, pois aplicações após essa fase podem causar deformações nas plantas, pelo fato de que o ponto de crescimento, nesta fase já está acima do colo da planta, facilitando assim, a exposição ao produto, que por ser um herbicida hormonal, atua na multiplicação celular, desorganizando-a, o que pode causar sintomas como encharutamento (soldadura das folhas do cartucho, formando uma espécie de cipó), deformação nas raízes, criando uma espécie de soldadura das mesmas, o que leva ao acamamento resultando em significativa redução do rendimento (VARGAS et al., 2006).

2.4 Resistência sistêmica adquirida e induzida (SAR e ISR)

A resistência natural de plantas está relacionada com a habilidade de prevenção e retardamento do estabelecimento de fitopatógenos nos tecidos, o que envolve um processo dinâmico, bem coordenado e dependente da existência de mecanismos constitutivos ou pós-formados, que podem ser acionadas por exposição a agentes indutores, que funcionam como eliciadores da resposta de defesa. (FILHO et. al., 2010).

Estirpes não patogênicas, bactérias colonizadoras da rizosfera são designadas como rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (PGPR), porque elas podem estimular o crescimento de plantas (KLOEPPER et al., 1980). O crescimento resulta principalmente da repressão de patógenos de solo e outros microrganismos prejudiciais (SHCIPPERS et al. 1987), mas há também relatos do efeito direto no crescimento.

Além do efeito antagonístico direto em patógenos de solo, algumas estirpes de PGPR também são capazes de reduzir doenças na parte aérea por meio de um mecanismo chamado de resistência sistêmica induzida (ISR) (VAN LOON et al., 1998). ISR por PGPR tem sido demonstrado em várias espécies de plantas, por exemplo, feijão, cravo, pepino, rabanete, fumo, tomate e a planta modelo *Arabidopsis thaliana*, sendo efetivo contra um amplo espectro de fitopatógenos, incluindo fungos, bactérias e vírus (VAN LOON et al., 1998). Fenotipicamente, ISR por PGPR lembra resistência clássica induzida por patógeno, onde partes não infectadas de plantas previamente atacadas por patógenos, tornam-se mais resistentes a futuras infecções. Esse tipo de resistência induzida é frequentemente chamada de resistência sistêmica adquirida (SAR) (ROSS, 1961).

Dos mecanismos bioquímicos pós-formados, dois se destacam por apresentarem amplo espectro de ação, a resistência sistêmica adquirida (SAR) e a resistência sistêmica induzida (ISR), que podem ser ativadas por

microrganismos (PIETERSE; VAN LOON, 2004; CHOUDHARY et al., 2007). Ambas são reguladas pela proteína NPR1, onde se cruzam na rota de sinalização (PIETERSE; VAN LOON, 2004; CHOUDHARY et al., 2007). No entanto, as rotas de sinalização são distintas, pois SAR é governada pela rota do ácido salicílico (AS) e ISR pela rota do ácido jasmônico (JA) e etileno (ET).

Segundo o trabalho de Van Wess et al. (1999) que investigou se ISR é associada com mudanças na expressão gênica de ácido jasmônico e etileno, monitoraram a expressão de um grupo de genes bem caracterizados relacionados com AJ e/ou ET, na planta modelo *Arabidopsis*, expressando ISR por estirpe não patogênica da rizobactéria *Pseudomonas fluorescens*. Nenhum desses genes testados teve suas expressões alteradas (superexpressadas) na planta indutora, nem localmente nas raízes ou sistematicamente nas folhas. Isso sugeriu que a resistência alcançada não foi associada com maiores mudanças nos níveis de AJ e ET.

De fato, análises local e sistêmica dos níveis de AJ e ET mostraram que ISR por estirpe não patogênica da rizobactéria *Pseudomonas fluorescens* não está associada com a produção dessas moléculas sinais (PIETERSE et al., 2000). Esse resultado sugere que a dependência de AJ e ET a ISR é baseada no aumento da sensibilidade a esses hormônios, do que a um aumento na produção deles.

Se a dependência de ISR a AJ e ET é baseada em um aumento na sensibilidade a essas moléculas, plantas expressando ISR seriam capazes de reagir mais rápido e de modo mais potente a produção de AJ e ET quando infectada por patógenos. Essa hipótese é ancorada no resultado de que a expressão de alguns genes de *Arabidopsis* induzidos por AJ e ET é significativamente aumentada em folhas expressando ISR, depois de serem inoculadas com *Pseudomonas syringae* pv *tomato* DC 3000 ou depois da aplicação exógena de metil jasmonato ou do precursor de ET, o ácido 1-

carboxílico-1-aminociclopropano, quando comparadas com plantas controle (VAN WESS et al. 1999; HASE et al., 2003). Esses resultados sugerem que ISR em *Arabidopsis* é associada com uma expressão inicial de um grupo de genes que respondem ao AJ. A expressão de genes de defesa, que leva a uma rápida ou maior nível de expressão depois da inoculação, aparece como uma ação comum nos diferentes tipos de resistência induzida (CONRATH et al. 2002).

Pela ótica da resistência sistêmica, a ISR pode ser ativada por agentes de biocontrole e/ou substâncias sintetizadas pelos mesmos, desempenhando amplo espectro de ação contra patógenos (PIETERSE; VAN LOON, 2004; ROMEIRO, et al., 2005). Neste contexto, de acordo com trabalho de Ryu et al. (2004) e Ongena et al. (2007), pressupõe-se que moléculas sintetizadas por bactérias do gênero *Bacillus* podem atuar como eliciadoras da ISR, proporcionando a sistemicidade da resposta de defesa contra patógenos. Como exemplo, Ongena et al. (2007) estudaram a síntese de lipopeptídeos da família das surfactinas e fengicinas, pelo isolado 168 de *B. subtilis*, que atuava no processo de ativação da ISR em plantas de feijão e tomate. Isso abre possibilidades para a investigação de novas moléculas, ou de um complexo, que estejam envolvidos na expressão de genes de defesa em plantas.

É salutar destacarmos que compostos voláteis também podem levar a planta ao “estado de indução”. Isso foi observado em plantas de *Arabidopsis* expostas a compostos voláteis sintetizados pelo isolado GB03 de *B. subtilis*, contra o patógeno *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (RYU et al., 2004). Isso nos permite ampliar as pesquisas com substâncias voláteis, sintetizadas por bactérias antagonicas envolvidas que desencadeiam a ISR.

Além do *Bacillus*, o gênero *Trichoderma* pode formar associações endofíticas e atuar contra outros microrganismos da rizosfera, além de mostrar um efeito direto no crescimento da planta. Esse efeito benéfico pode ser visto na capacidade de absorção de nutrientes e água do solo, na taxa de germinação

das sementes e ou na defesa da planta contra danos bióticos e abióticos (HERMOSA et al. 2012).

O potencial de *Trichoderma* spp., como agentes de biocontrole, é conhecido há mais de 60 anos, e muitos isolados são simbioses de plantas e podem atuar no controle de fitopatógenos (BROTMAN et al., 2010). As espécies do gênero *Trichoderma* estão entre os antagonistas mais estudados, pois são encontradas naturalmente em quase todos os tipos de solo e agem contra fitopatógenos por diferentes mecanismos de ação como antibiose, microparasitismo, produção de enzimas degradadoras de parede celular, competição por nutrientes e substrato, promoção do crescimento das plantas e indutores de resistência contra diversos patógenos, com efeitos benéficos para as plantas (HARMAN et al., 2004; SHORESH et al., 2005; VITERBO et al., 2005; VINALE et al., 2008).

Entretanto, a indução de resistência em plantas por espécies de *Trichoderma* tem sido pouco estudada, em comparação às pesquisas similares realizadas com rizobactérias promotoras de crescimento (HARMAN et al., 2004). No Brasil, os estudos relacionados à utilização de *Trichoderma* spp., no controle de doenças de plantas, têm focalizado efeitos diretos sobre fitopatógenos e não têm sido direcionados para o mecanismo indireto de ação que envolve a indução de resistência.

Ao passo que o herbicida 2,4-D também atua na rota de produção de etileno, e que a dependência da ISR a ácido jasmônico e etileno é baseada em aumento na sensibilidade a essas moléculas, objetivou-se neste trabalho estudar o efeito de agentes bioestimulantes (dos gêneros *Trichoderma* e *Bacillus*) e suas associações com o fertilizante foliar Initiate Soy, que é proposto como possível promotor no crescimento e desenvolvimento das plantas, na detoxificação do herbicida 2,4-D em diferentes épocas de aplicação na cultura do milho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda experimental Muquém, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de janeiro a maio de 2019, no município de Lavras – MG, tendo como coordenadas geográficas 21°12'05.32"S e 44°58'46.11" W, e altitude média de 947 metros.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, em fatorial 6x5, sendo assim, dois fatores, um com seis níveis e outro com cinco níveis, resultando em 30 tratamentos e 120 parcelas.

Os fatores são os agentes bioestimulantes: Bioufla (*Bacillus*), Quality (*Trichoderma*) e Initiate Soy (fertilizante foliar) em associação à diferentes épocas de aplicação do herbicida 2,4-D.

Os níveis do primeiro fator são: Testemunha; Bioufla; Bioufla + Initiate Soy; Initiate Soy; Quality e Quality + Initiate Soy. Já os níveis do segundo fator são: sem 2,4-D e sem capina mecânica; sem 2,4-D e com capina mecânica; plante e aplique (aplicado no dia da semeadura); pós V3-V4 (aplicado em estágio fenológico V3-V4) e pós V6-V7 (aplicado em estágio fenológico V6-V7).

Quadro 1 Fator 1, níveis e doses.

Produtos	Dose
Testemunha	15,00 ml água
Bioufla	1,50 +13,50 ml água
Bioufla + Initiate	1,50 + 0,015 + 13,50 ml água
Initiate	0,015ml+ 14,98 ml água
Quality	0,15g + 15,00 ml água
Quality+Initiate	0,15g + 0,015 ml+ 14,98 ml água

Quadro 2 Fator 2, níveis e dose.

Níveis	Dose
Sem 2,4-D com capina	-
Sem 2,4-D sem capina	-
Plante-Aplique	1,5 L/ha
Pós V3-V4	1,5 L/ha
Pós V6-V7	1,5 L/ha

Quadro 3 Tratamentos e fatores.

Tratamentos	Fator 1	Fator 2
T1	15,0 ml Água	Sem 2,4-D controle c/ capina
T2	1,5 ml Bioufla + 13,5 ml Água	Sem 2,4-D controle c/ capina
T3	1,5 ml Bioufla + 0,015 ml Initiate Soy + 13,5 ml Água	Sem 2,4-D controle c/ capina
T4	0,015 ml Initiate Soy + 14,98 ml Água	Sem 2,4-D controle c/ capina
T5	0,15 g Quality + 15 ml Água	Sem 2,4-D controle c/ capina
T6	0,15 g Quality + 0,015 ml Initiate + 14,98 ml Água	Sem 2,4-D controle c/ capina
T7	15,0 ml Água	Plante e aplique
T8	1,5 ml Bioufla + 13,5 ml Água	Plante e aplique

Quadro 3, continuação.

Tratamentos	Fator 1	Fator 2
T9	1,5 ml Bioufla + 0,015 ml Initiate Soy + 13,5 ml Água	Plante e aplique
T10	0,015 ml Initiate Soy + 14,98 ml Água	Plante e aplique
T11	0,15 g Quality + 15 ml Água	Plante e aplique
T12	0,15 g Quality + 0,015 ml Initiate Soy + 14,98 ml Água	Plante e aplique
T13	15,0 ml Água	Pós V3-V4
T14	1,5 ml Bioufla + 13,5 ml Água	Pós V3-V4
T15	1,5 ml Bioufla + 0,015 ml Initiate Soy + 13,5 ml Água	Pós V3-V4
T16	0,015 ml Initiate Soy + 14,98 ml Água	Pós V3-V4
T17	0,15 g Quality + 15 ml Água	Pós V3-V4
T18	0,15 g Quality + 0,015 ml Initiate Soy + 14,98 ml Água	Pós V3-V4
T19	15,0 ml Água	Pós V6-V7
T20	1,5 ml Bioufla + 13,5 ml Água	Pós V6-V7
T21	1,5 ml Bioufla + 0,015 ml Initiate Soy + 13,5 ml Água	Pós V6-V7
T22	0,015 ml Initiate Soy + 14,98 ml Água	Pós V6-V7
T23	0,15 g Quality + 15 ml Água	Pós V6-V7
T24	0,15 g Quality + 0,015 ml Initiate Soy + 14,98 ml Água	Pós V6-V7
T25	15,0 ml Água	Sem 2,4-D controle s/capina
T26	1,5 ml Bioufla + 13,5 ml Água	Sem 2,4-D controle s/capina
T27	1,5 ml Bioufla + 0,015 ml Initiate Soy + 13,5 ml Água	Sem 2,4-D controle s/capina
T28	0,015 ml Initiate Soy + 14,98 ml Água	Sem 2,4-D controle s/capina

Quadro 3, conclusão.

Tratamentos	Fator 1	Fator 2
T29	0,15 g Quality + 15 ml Água	Sem 2,4-D controle s/capina
T30	0,15 g Quality + 0,015 ml Initiate Soy + 14,98 ml Água	Sem 2,4-D controle s/capina

A aplicação foi realizada com pulverizador costal, a dose utilizada do herbicida foi de 1,5 L.ha⁻¹ nos cinco níveis do segundo fator, a calda foi de 350 Litros/hectare e o bico com ponta de pulverização tipo leque 11003.

As parcelas tinham dimensões de 8,0 x 2,4 metros, portanto tiveram uma área útil de 19,2 m², exceto as parcelas de testemunha, sem aplicação do herbicida, que foram divididas em duas de 9,6 m², com e sem capina mecânica, resultando em 24 parcelas de testemunha com capina e 24 parcelas de testemunha sem capina. A área total do experimento foi de 1843 m². O milho utilizado foi o híbrido DKB 230 PRO3, o espaçamento entre linhas de 0,6 metros e 0,2 metros entre sementes.

3.1 Avaliações

Avaliou-se a fitotoxicidade por meio da escala EWRC (1964), com notas de 1 a 9, em que a nota 1 representa uma planta sem danos fitotóxicos e a nota 9 como o valor mais intenso de fitotoxicidade, representada pela morte da planta. As análises foram feitas em três momentos, a primeira quando o milho estava no estágio fenológico V3-V4, posteriormente em V6-V7 e em V10.

Quadro 4, Escala de Fitotoxicidade EWRC, 1964.

Índice de Avaliação	Descrição da fitointoxicação
1	Sem dano
2	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas
3	Pequenas alterações visíveis em muitas plantas (clorose e encarquilhamento)
4	Forte descoloração ou razoável deformação, sem ocorrer necrose
5	Necrose de algumas folhas, acompanhada de deformação em folhas e brotos
6	Redução no porte das plantas, encarquilhamento e necrose das folhas
7	Mais de 80% das folhas destruídas
8	Danos extremamente graves, sobrando pequenas áreas verdes nas plantas
9	Morte da planta

A análise de stand foi realizada em dois momentos, primeiramente a contagem das plantas foi realizada 15 dias após a semeadura, posteriormente realizada em pré-colheita, contabilizando somente as plantas que possuíam espigas.

A avaliação da senescência do colmo foi realizada visualmente, pressionando-o e classificando como senescente ou não senescente.

A colheita dos grãos foi realizada com a umidade padronizada em 13%, de forma manual, entre parcelas, e separados por meio de trilhadora nivelada em local plano.

Para análise dos dados, utilizou-se o Software Estatístico Sisvar Versão 5.6. Para interpretação, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Quando se observou diferenças

significativas ao nível de 5% de probabilidade, realizou-se o desdobramento de tratamentos por meio do teste Scott-Knott.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sintomas ocasionados pela ação do herbicida foram observados em diversas partes da planta, principalmente no estágio de desenvolvimento com 6 a 7 folhas totalmente fora do cartucho do milho. Sugere-se que para a aplicação do 2,4-D, leve-se em consideração o estágio fenológico da cultura do milho, aplicando preferencialmente até o estágio de 3 a 4 folhas, pois após esta fase, podem ocorrer sintomas de fitotoxicidade, pelo fato de que o ponto de crescimento já está acima do colo da planta, facilitando assim, a exposição da zona meristemática da planta ao herbicida (VARGAS et al., 2006).

As plantas expostas ao herbicida produziram sintomas de fitotoxicidade característicos do herbicida 2,4-D, em diferentes intensidades, de acordo com a época de aplicação. Segundo Vargas et al. (2006), este herbicida é hormonal, análogo a auxinas, e atua na multiplicação celular, com sintomas típicos de encharutamento, deformação nas raízes e acamamento na cultura do milho.

Para a característica de “stand” inicial, avaliado após a aplicação do herbicida no dia do plantio, avaliou-se o número de plantas que emergiram, 15 dias após a semeadura, de forma que se verificou diferença significativa para o fator “época de aplicação”, sendo que os resultados do nível “sem 2,4-D com capina” foram superiores. De acordo com Vargas et al. (2006) durante a germinação e emergência, os maiores problemas surgem quando a competição ocorre na linha de plantio e se tratam de plantas daninhas monocotiledôneas. Na figura 1 observa-se o “stand” de plantas de milho aos 5, 8 e 15 dias após a semeadura e que receberam o herbicida no dia da semeadura.

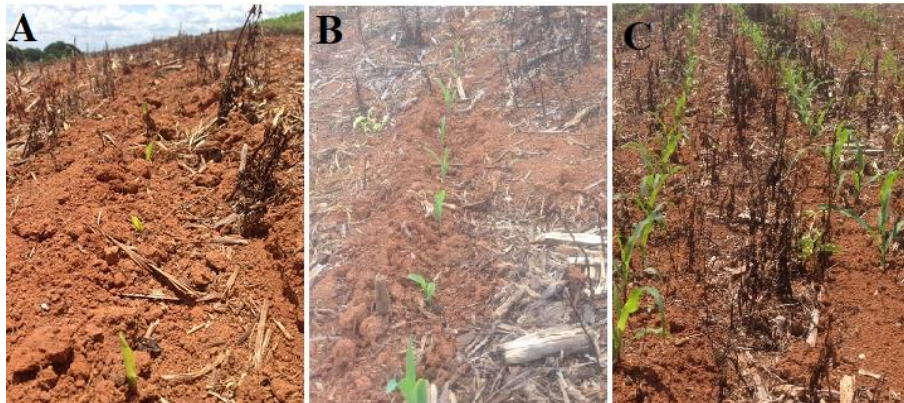


Figura 1 “Stand” de plantas de milho que receberam herbicida no dia da semeadura, aos 5 dias após a semeadura (A), 8 dias após a semeadura (B) e 15 dias após a semeadura (C).

Para as notas de fitotoxicidade nos fatores “época de aplicação” e “agentes bioestimulantes”, observou-se diferenças significativas em ambos, porém, não foi observada significância para a interação destes fatores. Para o fator “época de aplicação”, as maiores notas foram para o nível “Pós V6-V7” onde esta época foi superior as demais, e as demais épocas iguais entre si e inferiores (Figura 2). Os sintomas ocorrentes foram caracterizados pelo encarquilhamento, clorose, deformação nas raízes e acamamento. Segundo Vargas et al. (2006), estes sintomas são típicos dos mimetizadores de auxinas, principalmente quando posicionados na cultura do milho, fora da época de aplicação adequada. E para o fator “agentes bioestimulantes”, os níveis “Quality” e “testemunha” apresentaram maiores notas e foram iguais entre si, porém superiores aos demais níveis dos agentes bioestimulantes. Desta forma, evidencia-se menores sintomas de fitotoxicidade nestes níveis, e possível maior tolerância ao herbicida.



Figura 2 Deformação nas raízes e colmo, formação de raízes aéreas (A), clorose e encarquilhamento (B) e acamamento (C).

De acordo com as análises realizadas no trabalho, foi possível visualizar que somente as variáveis stand inicial e fitotoxicidade apresentaram diferença significativa (Tabela 1).

Tabela 1 Resumo das análises de variância para “stand” inicial (SI), fitotoxicidade (FT), senescência (SC), produtividade (PD) e “stand” final de plantas de milho em função da aplicação do herbicida 2,4-D, em diferentes épocas e com o uso de agentes bioestimulantes (SF).

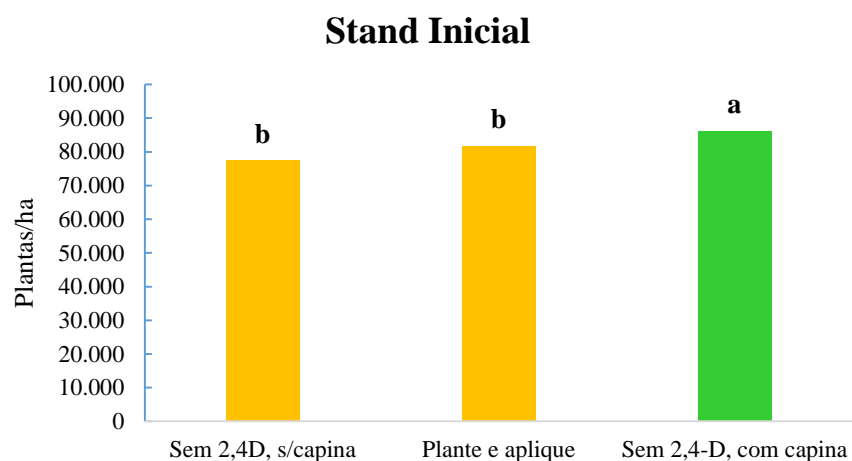
FV	GL	QM				
		SI	FT	SC	PD	SF
Época aplic.	4	231236979,2*	104,23*	0,321	3.303.657	0,003630
Ag. Bio.	5	200859375	0,374*	0,140	2.760.119	0,009642
E.A. x A. B.	20	326510416,7	0,170	0,608	2.173.279	0,008172
Bloco	3	112235243,1	0,334	0,400	2.925.150	0,079387
Erro	87	516389786,9	0,132	0,170	1.491.937	0,011260
CV (%)		8,81	15,58	51,56	25,45	12,3

Significativo ao nível de 5% de probabilidade

Com relação às variáveis estudadas, para a característica de “stand inicial” houve efeito significativo na análise de variância. Posteriormente, verificou-se que para o fator “época de aplicação”, os resultados para o nível “sem 2,4-D com capina” com média de 86.041 plantas/ha foram superiores em relação aos demais níveis estudados deste fator. Aliado a isto, os demais níveis foram iguais entre si e inferiores. De acordo com Vargas et al., (2006)

maiores prejuízos ocorrem quando existe matocompetição durante a emergência, principalmente quando ocorre na linha de plantio e se tratam de plantas daninhas monocotiledôneas (Figura 3).

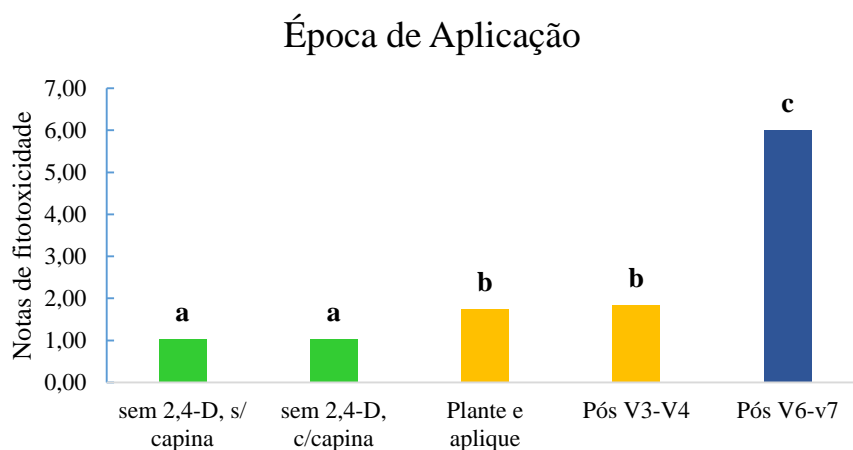
Fígura 3 Médias da variável “stand” inicial de plantas.ha⁻¹, referentes ao fator “época de aplicação”. Lavras, MG – 2019.



Legenda: Barras seguidas da mesma letra pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para a característica de sintomas de “fitotoxicidade”, avaliada no estágio fenológico V10, ocorreu variação significativa entre para os fatores “época de aplicação” e “agentes bioestimulantes”, porém não apresentaram interação significativa entre ambos (Figura 4).

Figura 4 Médias de notas da variável fitotoxicidade, referentes ao fator “época de aplicação”. Lavras, MG – 2019.

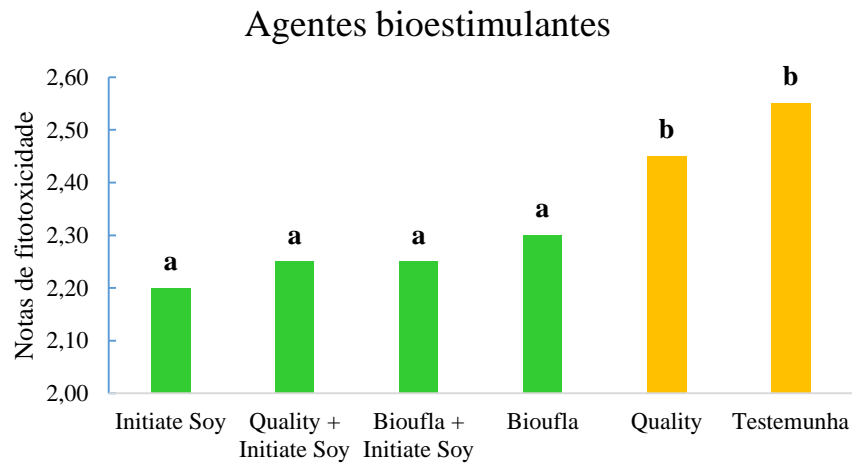


Legenda: Barras seguidas da mesma letra pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para o fator “época de aplicação”, as notas do nível “Pós V6-V7”, com média de notas 6,00, foram superiores àquelas dos níveis “Pós V3-V4 e “Plante e aplique”, com médias de notas de 1,83 e 1,75 respectivamente, que foram iguais entre si. Sobretudo, os níveis de controle, “sem 2,4-D sem capina” e “sem 2,4-D com capina”, apresentaram as menores médias de notas, ambas com 1,04, sendo inferiores a todas as demais e iguais entre si. De acordo com Vargas et al. (2006), os sintomas de fitotoxicidade ocorrentes nos níveis “Pós V6-V7”, “Pós V3-V4” e “Plante e aplique” são explicadas pelas características inerentes deste herbicida.

E para os agentes “bioestimulantes” verificou-se diferença, onde os níveis “Quality” e “Testemunha” foram iguais entre si, e superiores aos demais, apresentando maiores sintomas de fitotoxicidade. Os demais níveis foram iguais entre si, com menores notas de fitotoxicidade, portanto, deduz-se que sua utilização possa ter contribuído para detoxificação do 2,4-D (Figura 5).

Figura 5 Médias de notas da variável fitotoxicidade, referentes ao fator “agentes bioestimulantes”. Lavras, MG – 2019.



Legenda: Barras seguidas da mesma letra pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

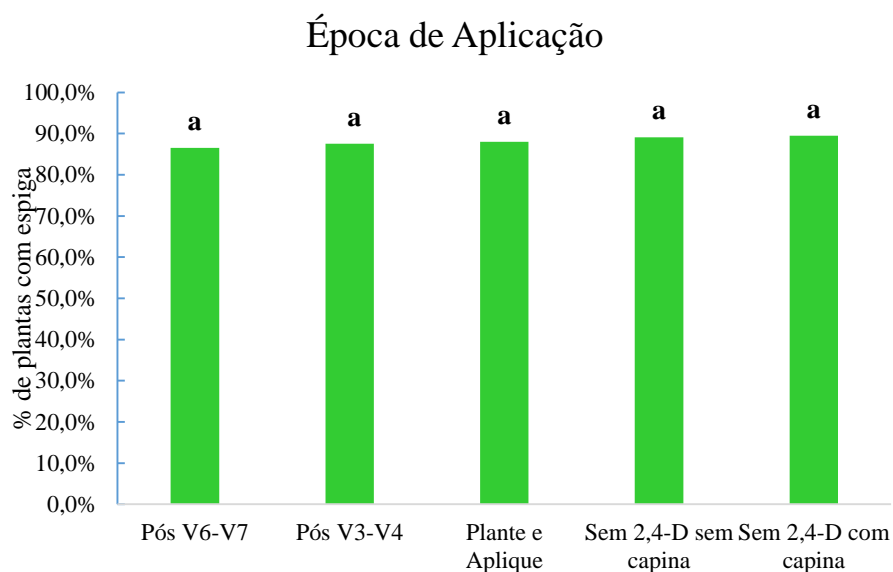
Em trabalho realizado por Reis et al. (2010), ao avaliar diferenças no desenvolvimento vegetativo e fitotoxicidade no milho, verificou-se que com o aumento de doses do 2,4-D tanto em pré como em pós-emergência, houve decréscimo no tamanho das plantas e na matéria seca, além de maior tendência de fitotoxicidade.

Com isto, tornou-se pertinente a avaliação da porcentagem de plantas que produziram espigas em relação ao “stand” final e senescência do colmo, como possíveis sintomas de fitotoxicidade, avaliado no momento da colheita.

Entretanto, nenhuma destas características apresentaram efeito significativo para as características estudadas. Desta forma, para a porcentagem de plantas com espigas, ambos níveis foram iguais entre si, porém, observa-se uma tendência de maiores porcentagens para o nível “sem 2,4-D com capina” com 89,5% das plantas com a presença de espiga na planta.

Por mais que não exista diferença estatística, pode-se inferir que a aplicação do herbicida fora da época adequada possa interferir na produtividade da área (Figura 6).

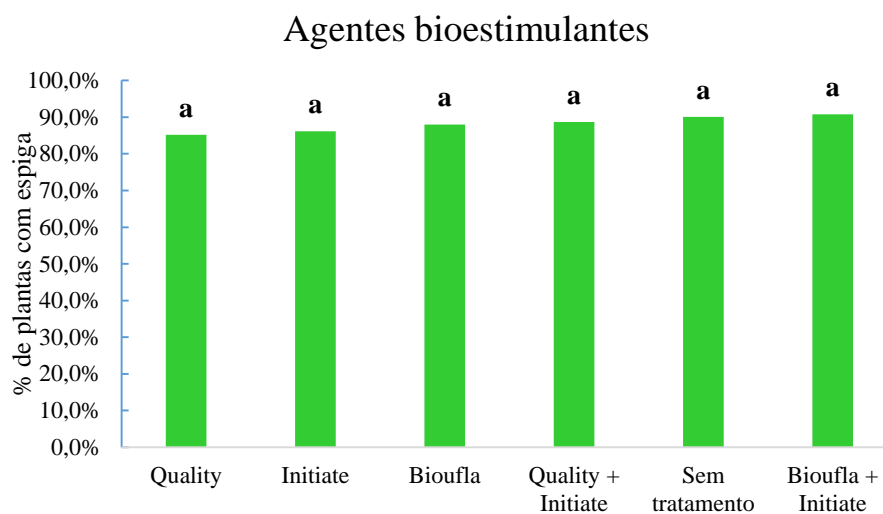
Figura 6 Médias da porcentagem de plantas com espiga, da variável “stand” final referentes ao fator “época de aplicação”, agrupadas por meio do teste Scott-Knott, Lavras, MG – 2019.



Legenda: Barras seguidas da mesma letra pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para o fator “agentes bioestimulantes”, o nível “Bioufla + Initiate Soy” apresentou 90,8% de plantas com espiga, superior numericamente a outros níveis com porcentagem de 85,2% de plantas de milho com espigas, porém, ainda assim, não houve efeito significativo por meio da análise estatística (Figura 7).

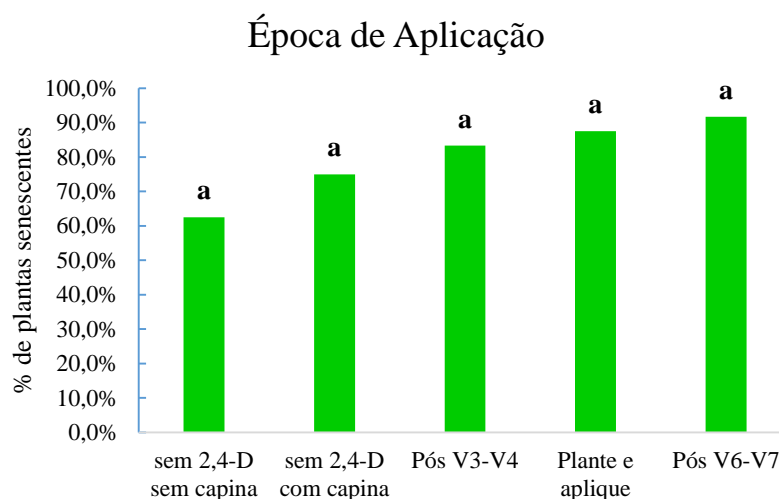
Figura 7 Médias da porcentagem de plantas com espiga, da variável “stand” final referentes ao fator “agentes bioestimulantes”. Lavras, MG – 2019.



Legenda: Barras seguidas da mesma letra pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A variável senescência, calculada pela relação entre plantas senescentes e stand total, não apresentou diferença estatística para os fatores “época de aplicação” e agentes bioestimulantes” (Figura 8).

Figura 8 Médias da porcentagem de plantas senescentes, da variável senescência, referentes ao fator “época de aplicação”, Lavras, MG – 2019.

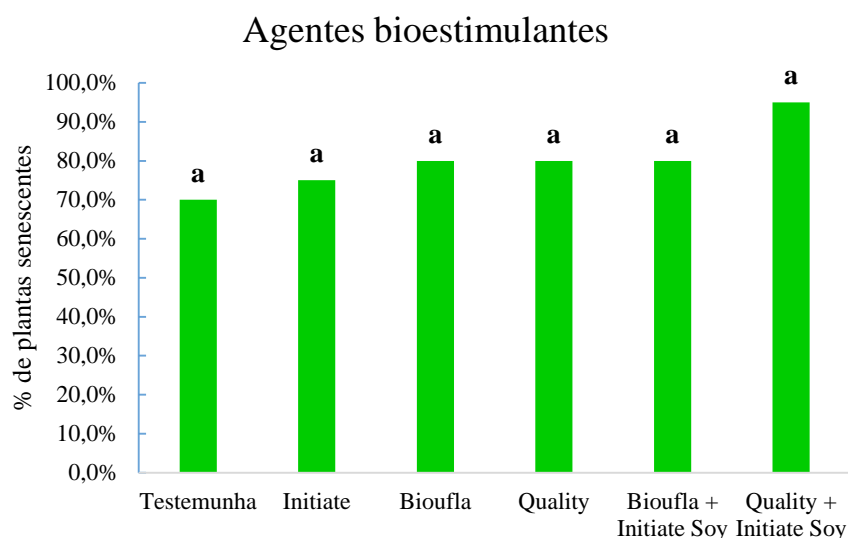


Legenda: Barras seguidas da mesma letra pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para os níveis do fator “Época de Aplicação”, o nível “Pós V6-V7” apresentou porcentagem elevada de senescência, com 91,7% e o nível “sem 2,4-D sem capina” o menor, com 62,5%. Apesar de não apresentarem diferenças significativas, é possível que a aplicação do herbicida em estágio fenológico mais avançado possa ter contribuído para a maior média de senescência.

Já nos níveis do fator “agentes bioestimulantes”, observou-se no nível “Quality + Initiate Soy” maior porcentagem em relação aos outros níveis, com 95% de colmos senescentes, porém, sem diferenças estatísticas (Figura 9).

Figura 9 Médias da porcentagem de plantas senescentes, da variável senescência, referentes ao fator “agentes bioestimulantes”. Lavras, MG – 2019.

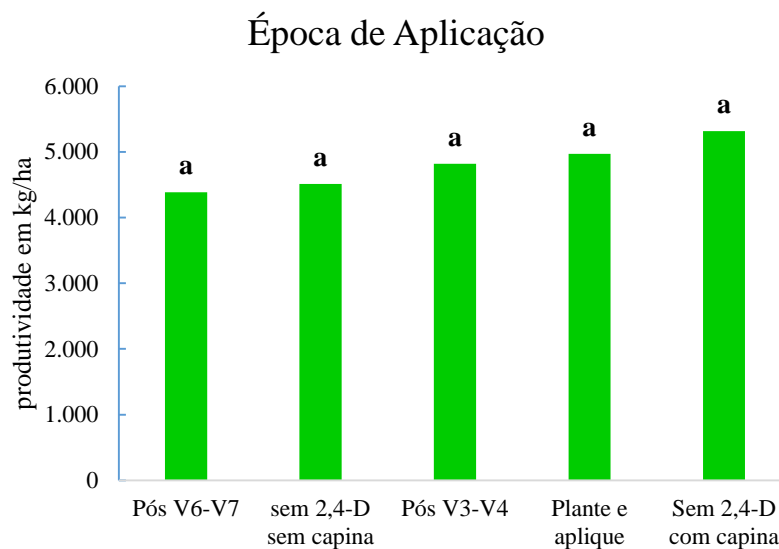


Legenda: Barras seguidas da mesma letra pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Da mesma forma, para a característica de produtividade, ambos os fatores não apresentaram efeito significativo (Figuras 10 e 11), com média geral de produtividade de 4779,9 kg/ha. Ressalta-se que esta produtividade é baixa, sendo inferior à média nacional, que é de 5663 kg/ha e também, à produtividade do estado de Minas Gerais, que é de 6572 kg/ha (CONAB, 2019).

Ressalta-se que tal resultado possa ter ocorrido devido à aplicação de 2,4-D somente, em parcelas e estádios fenológicos diferentes do milho, o que contribuiu para a competição com plantas daninhas em diferentes épocas, além disso, possível competição entre plantas de milho pode ter ocorrido por conta da população elevada.

Figura 10 Médias de produtividade da variável produtividade, referentes ao fator “época de aplicação”. Lavras, MG – 2019.



Legenda: Barras seguidas da mesma letra pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

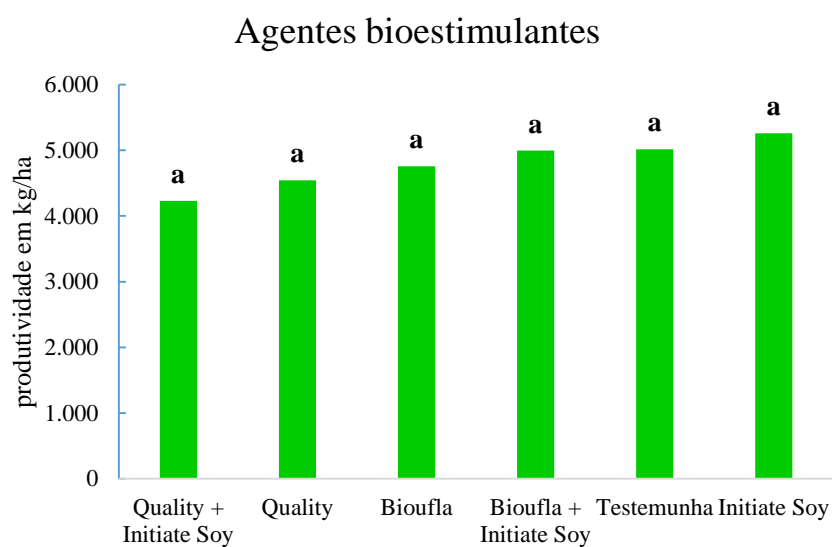
O nível “sem 2,4-D com capina” apresentou maiores valores de produtividade em relação aos demais, com média de 5315 kg/ha. Ainda que não apresente diferença estatística entre os níveis, a aplicação do herbicida em V6-V7 pode ter interferido no rendimento final.

Pacheco et al. (2007) ao avaliar o efeito do 2,4-D sobre o crescimento das plantas, produção de massa seca e verde e a produtividade na cultura do milho, mostrou que, apesar da redução da massa verde e seca, a aplicação do herbicida não influenciou na produtividade do grão.

Porém, Vargas et al. (2006) recomenda aplicação até o estágio V3-V4 pois, além dos sintomas de fitotoxicidade, também pode interferir significativamente no rendimento.

Quanto ao fator “agentes biológicos”, o nível “Initiate Soy” implicou em maiores valores de produtividade, com média de 5261 kg/ha, porém igual aos demais níveis estatisticamente (Figura 11).

Figura 11 Médias de produtividade, da variável produtividade, referentes ao fator “agentes bioestimulantes”. Lavras, MG – 2019.



Legenda: Barras seguidas da mesma letra pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível observar que o herbicida aplicado no dia da semeadura não interfere no stand, porém, sua aplicação isolada pode favorecer o desenvolvimento de plantas daninhas monocotiledôneas, que irão competir com o milho na germinação e desenvolvimento inicial.

Quanto à fitotoxicidade causada pelo herbicida, quando aplicado em estágio fenológico avançado, ocasionou em sintomas de fitotoxicidade às plantas. A inoculação de bioestimulantes pode ser favorável para detoxificação, pois demonstrou diferenças significativas para os níveis “Initiate Soy”, “Quality + Initiate Soy”, “Bioufla + Initiate Soy” e “Bioufla”.

Sugere-se reavaliação dos produtos Bioufla e Initiate Soy que apresentaram resultados pertinentes quanto à detoxificação das plantas de milho ao herbicida 2,4-D.

6 CONCLUSÕES

- Os agentes bioestimulantes Bioufla e Initiate Soy apresentaram possíveis resultados significativos na detoxificação do herbicida 2,4-D em estágio inicial de desenvolvimento da planta.
- A época “sem 2,4-D com capina” implica em maior “stand” para a cultura do milho.
- A aplicação de 2,4-D na cultura do milho deve ser feita até o estágio fenológico V3-V4, visando assim a não ocorrência de sintomas de fitotoxicidade.
- A produtividade e a senescência das plantas não foram influenciadas em função da utilização de bioestimulantes e épocas de aplicação do herbicida 2,4-D.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. Mecanismos estruturais na resistência de plantas a patógenos. **Summa Phytopathopogyca**, v. 33, p. 154-156, 2007.

BROTMAN, Y.; GUPTA, K.J.; VITERBO, A. Trichoderma. *Current Biology*, v.20, p.R390-R391, 2010.

CHOUDHARY, D.K.; PRAKASH, A.; JOHRI, B. N. Induced systemic resistance (ISR) in plants: mechanism of action. **Indian Journal of Microbiology**, v. 47, p. 289-297, 2007.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira. 2019. Brasília. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 05 de junho 2019.

CONRATH, U.; PIETERSE, C.M.J. & Mauch-Mani, B. 2002. Priming in plant-pathogen interactions. *Trends Plants Sci.* 7:210-6.

DU JARDIN, P. Plant bioestimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, 196, p. 3 -14, 2015.

FILHO, R. L.; FERRO, H. M.; PINHO, S. C. P. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**. V. 4, N. 2, p. 12. 2010.

HARMAN, G.E.; HOWELL, C.R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. Trichoderma species - opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v.2, p.43-56, 2004.

HERMOSA, R.; VITERBO, A.; CHET, I.; MONTE, E. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. **Microbiology**, v. 158, p. 17-25, 2012.

KARAM, D.; MELHORANÇA, A. L.; FERNANDES DE OLIVEIRA, M. Plantas daninhas na cultura do milho. *Circular técnica 79* EMBRAPA MILHO E SORGO, Sete Lagoas, MG, 2006.

KLOEPPER, J. W.; LEONG, J.; TEINTZE, M. & SCHROTH, M. N. 1980. Enhanced plant growth by siderophores produced by a plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature* 286:885-6.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. Herbicidas: mecanismo de ação e usos. *Documentos 227*. EMBRAPA CERRADOS, Planaltina, DF, 2008.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. **Mecanismos de ação de herbicidas**. Ed. Omnipax, 2005. p 141 – 192, ISBN 978-85-64619-02-9 Disponível em: <<http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-cap7.pdf>>. Acesso em: 20/01/2019.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. *Biologia e manejo de plantas daninhas*. 2011. Disponível em: <http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>. Acesso em: 06/02/2019.

ONGENA, M.; DUBY, F.; JOURDAN, E.; BEAUDRY, T.; JADIN, V.; DOMMES, J.; THONART, P. *Bacillus subtilis* M4 decreases plant susceptibility towards fungal pathogens by increasing hot resistance associated with differential gene expression. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.67, 692-698. 2005.

PIETERSE, C.M.J., PELT, J. A. V.; WESS, S. C. M. V.; TON, J.; VERHAGEN, B. W. M.; KLOOSTERZIEL, K. L.; HASE, S.; VOS, M. D.; OOSTEN, V. V.; POZO, M.; SPOEL, S.; ENT., S. V. D.; KOORNEEF, A.; JUNIOR, A. C.; RESENDE, M. L. V.; LOON, V. Indução de resistência sistêmica por rizobactérias e comunicação na rota de sinalização para uma defesa refinada. 2005. RAPP – Volume 13. 2005.

PIETERSE, C.M.J.; VAN PELT, J.A.; TON, J.; PARCHMANN, S.; MUELLER, M.J.; BUCHALA, A.J.; MÉTRAUX, J.-P. & VAN LOON, L.C. 2000. Rhizobacteria-mediated induced systemic resistance (ISR) in *Arabidopsis* requires sensitivity to jasmonate and ethylene but is not accompanied by an increase in their production. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 57:123-34.

PRADO, A. G. S; VIEIRA, E. M.; REZENDE, M. O. O. Avaliação das quantidades crônicas do herbicida 2,4D aplicadas no solo baseada em estudos de adsorção-dessorção. *Anais da Associação Brasileira de Química*, São Paulo, v. 47, n. 3, p. 239-246, 1998.

RADETSKI, C. M.; COTELLE, S.; FÉRARD, J. Classical and biochemical endpoints in the evaluation of phytotoxic effects caused by the herbicide trichloroacetate, **Environmental and Experimental Botany**, Volume 44, Issue 3, p. 221-229, 2000.

REIS, T. C.; SANTOS, T. S.; ANDRADE, A. P.; NEVES, A. F. Efeitos de fitotoxicidade do herbicida 2,4-D no milho em aplicações pré e pós-emergência. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, vol. 10, núm. 1, p. 25 – 33, ISSN 1519-5228, Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2010.

ROMEIRO, R. S. et al. Macromolecules released by a plant growth-promoting rhizobacterium as elicitors of systemic resistance in tomato to bacterial and fungal pathogens. **Journal of Phytopathology**, v. 153, p. 120-123. 2005.

ROSS, A. F. 1961. Systemic acquired resistance induced by localized virus infection in plants. *Virology* 14:340-58.

RYU, C. M; FARAG, M. A.; HU, C. H.; REDDY, M. S.; KLOPPER, J. W.; PARÉ, P. W. Bacterial Volatiles Induce Systemic Resistance In *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v. 134, p.1017-1026, 2004.

SCHIPPERS, B.; BAKKER, A. W. & BAKKER, P. A. H. M. 1987. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. *Annu. Rev. Phytopathol.* 115:339-58.

SENSEMAN, S. A. (Ed.), *Herbicide Handbook*. 9ª Edição. Lawrence, EUA: Weed Science Society of America, 2007, 458 p.

SHORESH, M.; YEDIDIA, I.; CHET, I. Involvement of jasmonic acid/ethylene signaling pathway in the systemic resistance induced in cucumber by *Trichoderma asperellum* T203. **Phytopathology**, v.95, p.76-84, 2005.

SILVA, V.N.; GUZZO, S.D.; LUCON, C.M.; HARAKAVA, R. Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por *Trichoderma* spp. em pepineiro. **Pesq. Agropec. Bras., Brasília**, v. 46, n. 12, p. 1609-1618, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. In: **Fisiologia vegetal**. Artmed, p. 819, 2009.

VAN LOON, L. C.; BAKKER, P. A. H. M. & PIETERSE, C.M.J. 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annu. Rev. Phytopathol.* 36:453-83.

VAN WESS, S.C.M.; LUIJENDIJK, M.; SMOORENBURG, I.; VAN LOON, L.C. & PIETERSE, C.M.J. 1999. Rhizobacteria-mediated induced systemic resistance (ISR) in *Arabidopsis* is not associated with direct effect on expression of known defense-related genes but stimulates the expression of the jasmonate-inducible gene *Atvsp* upon challenge. *Plant Mol. Biol.* 41:537-49.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. *Documentos 61*. EMBRAPA TRIGO, Passo Fundo, RS, 2006.

VIEIRA, E. M. et al. Estudos da adsorção/dessorção do ácido 2,4 - Diclorofenoxiacético (2,4 -D) em solo na ausência e presença de matéria orgânica. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n.3, p. 305-308, 1999.

VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERT, E.L.; MARA, R.; BARBETTI, M.J.; LI, H.; WOO, S.L.; LORITO, M. A novel role for Trichoderma secondary metabolites in the interactions with plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.72, p.80-86, 2008.

VITERBO, A.; HAREL, M.; HORWITZ, B.A.; CHET, I.; MUKHERJEE, P.K. Trichoderma mitogen-activated protein kinase signaling is involved in induction of plant systemic resistance. **Applied and Environmental Microbiology**, v.71, p.6241-6246, 2005. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1266020/>>. Acesso em: 29/04/2019.