

UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

DESEMPENHO DE SOJA RR[®] SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE
BIOESTIMULANTES DERIVADOS DE *Ascophyllum nodosum*
ASSOCIADOS AO GLYPHOSATE

CHRISTIANO LIMA LOBO DE ANDRADE

Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL

2018

CHRISTIANO LIMA LOBO DE ANDRADE

**DESEMPENHO DE SOJA RR® SUBMETIDA À APLICAÇÃO
BIOESTIMULANTES DERIVADOS DE *Ascophyllum nodosum*
ASSOCIADOS AO GLYPHOSATE**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação-- (CIP)

A566d Andrade, Christiano Lima Lobo

Desempenho de soja RR[®] submetida à aplicação de bioestimulantes derivados de *ascophyllum nodosum* associados ao glyphosate. / Christiano Lima Lobo de Andrade. — 2018.

59 f. : il. tabs

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2018.

Inclui índice de tabelas e figuras.

1. Características Agronômicas. 2. Extrato de Algas. 3. *Gycine max.* I. Silva, Alessandro Guerra.

CDD: 633.34

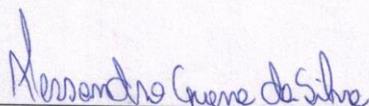
Elaborada por Fernanda Castro - Bibliotecária CRB1/3191

CHRISTIANO LIMA LOBO DE ANDRADE

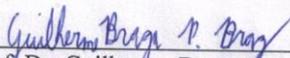
**APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES DERIVADOS DE *Ascophyllum nodosum*
ASSOCIADOS AO GLYPHOSATE NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA RR®**

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

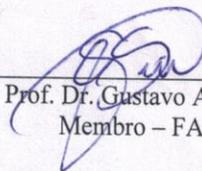
APROVAÇÃO: 26 de julho de 2018



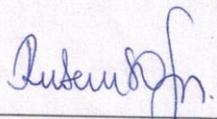
Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Presidente da Banca Examinadora



Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Gustavo André Simon
Membro – FA/UniRV



Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Júnior
Membro DAG/UEM

DEDICATÓRIA

Ao senhor dos senhores o grande orientador, o único digno de toda honra, glória e admiração. Minha completa gratidão ao salvador, que providenciou para que as melhores e mais capacitadas pessoas fossem colocadas em meu caminho e que pudessem participar e contribuir com meu crescimento espiritual, pessoal e profissional.

Dedico.

“Caíam mil homens à tua esquerda e dez mil à tua direita, tu não serás atingido. Porque o Senhor é teu refúgio. Escolheste, por asilo, o Altíssimo”.

(Autoria Atribuída a Moisés)

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Rio Verde (UniRv) e ao Programa de Pós-graduação em Produção vegetal (PPGPV), pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado.

Ao Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CAPES), pelo auxílio financeiro por meio da bolsa de estudos concedida.

Em especial ao meu orientador Dr. Alessandro Guerra da Silva, por um dia ter acreditado e confiado que as dificuldades pudessem ser superadas. Em seu profissionalismo pode me transmitir segurança, conhecimento e o apoio necessário para realização deste trabalho. As grandes personalidades se consolidam com pequenas ações, fica o meu respeito, amizade e carinho.

Ao Professor Dr. Gustavo André Simon, pois sua paciência e dedicação fizeram com que a estatística tornasse uma terapia. Ao Professor Dr. Guilherme Braz pela amizade e incentivo e pela importante participação na finalização deste trabalho. E a ambos por se disporem a participar da banca examinadora deste trabalho.

Ao Professor Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr., professor da Universidade Estadual de Maringá (UEM) por se dispor a compor a banca examinadora deste trabalho, contribuindo com seu conhecimento e experiência.

Aos meus grandes amores: Kellyn e Arthur, minha mãe Maria Cristina, minha irmã Camila, meu irmão Pedro pelo apoio e incentivo inigualável.

A todos os estagiários que passaram pelo grupo e contribuíram com este e os demais projetos, sem vocês a pesquisa não seria possível.

Em especial agradeço ao Rafael Lopez, pois durante este período enquanto todos haviam partido, impreterivelmente, lá estava ele às seis da manhã, após uma noite inteira de trabalho.

BIOGRAFIA

CHRISTIANO LIMA LOBO DE ANDRADE, filho de Florival Lobo de Andrade e Maria Cristina Lima, nasceu no município de Goiânia, Estado de Goiás, aos 06 dias do mês de agosto do ano de 1979. Em 1998, ingressou no Curso de Agronomia da Universidade de Rio Verde, graduando-se em julho de 2003. Em agosto de 2016, ingressou como aluno de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na Universidade de Rio Verde, defendendo a dissertação em julho de 2018.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	VII
RESUMO GERAL.....	IX
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
REFERÊNCIAS.....	7
CAPÍTULO 1 - BIOESTIMULANTES DERIVADOS DE <i>Ascophyllum nodosum</i> ASSOCIADOS AO GLYPHOSATE EM CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE SOJA RR®	11
RESUMO.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4 CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO 2 - DESEMPENHO DE SOJA RR® SUBMETIDA À DOSES DE MC EXTRA® ASSOCIADO AS FORMULAÇÕES DE GLYPHOSATE.....	25
RESUMO.....	25
1 INTRODUÇÃO.....	26
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Valores médios de precipitação (mm) e de temperatura média do ar (°C) durante a condução do experimento. Montividiu-GO, safra 2014/15.....	14
FIGURA 2	Valores médios de precipitação (mm) e de temperatura média do ar (°C) durante a condução dos experimentos. Montividiu (GO), 2015/16 e 2016/17.....	27
FIGURA 3	Valores de produtividade de grãos (Figura 3A), número de grãos por planta (Figura 3B) e alturas de inserção de vagem (Figuras 3C) em função do aumento das doses de Bioestimulante com diferentes formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu (GO), 2015/16.....	40
FIGURA 4	Valores de produtividade (Figura 4A), número de grãos por planta (Figura 4B) e altura de planta (Figura 4C) em função das formulações de glyphosate com diferentes doses de bioestimulante na cultura da soja. Montividiu (GO), 2016/17.....	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Tratamentos do experimento de uso de glyphosate associado aos bioestimulantes na cultura da soja. Montividiu -GO, 2014/15.....	14
TABELA 2	Condições climáticas nas respectivas épocas de aplicação dos tratamentos. Montividiu (GO), 2014/15.....	16
TABELA 3	Significâncias e valores médios das variáveis, produtividade de grãos (PROD), peso de mil grãos (MMG) e número de vagens totais (NVT) do experimento de bioestimulantes na cultura da soja. Montividiu (GO), 2014/15.....	23
TABELA 4	Significâncias e valores médios das variáveis, alturas de plantas inicial (API), final (APF) e de inserção da primeira vagem (AIV), além da população de plantas (POP) do experimento de bioestimulantes na cultura da soja. Montividiu (GO), 2014/15.....	23
TABELA 5	Valores da análise de correlação entre as variáveis, produtividade (REND), peso de mil grãos (M1000G), número de vagens totais (NVT), alturas de plantas inicial (API), final (APF) e de inserção da primeira vagem (AIV) do experimento de bioestimulante na cultura da soja. Montividiu (GO), 2014/15.....	24
TABELA 6	Características das formulações de glyphosate utilizadas nos experimentos. Montividiu-GO, 2015/16 e 2016/17.....	28
TABELA 7	Condições climáticas nas respectivas épocas de aplicação dos tratamentos. Montividiu-GO, 2014/15.....	30
TABELA 8	Resumo da análise de variância das características produtividade (PROD), peso de mil grãos (PMG), número de grãos por planta (NGP), população (POP) e alturas de plantas (AP) e inserção da primeira vagem (AIV) e vigor (VIG) do experimento de aplicação do Bioestimulante MC Extra associado às formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu -GO, Safras 2015/16 e 2016/17.....	35

TABELA 9	Valores médios de produtividade de grãos (PROD) e peso de mil grãos (PMG) do experimento da aplicação do Bioestimulante MC Extra com formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu - GO, Safras 2015/16 e 2016/17.....	36
TABELA 10	Valores médios de número de grãos por planta (NGP) e população final de plantas (POP) do experimento da aplicação do Bioestimulante MC Extra com formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu -GO, Safras 2015/16 e 2016/17.....	37
TABELA 11	Valores médios de e altura de plantas (AP) e de altura de inserção da primeira vagem (AIV) do experimento da aplicação do Bioestimulante MC Extra com formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu -GO, Safras 2015/16 e 2016/17.....	38
TABELA 12	Valores médios e vigor (VIG) do experimento da aplicação do Bioestimulante MC Extra com formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu -GO, Safras 2015/16 e 2016/17.....	39
TABELA 13	Correlação de Pearson das variáveis produtividade (PROD), peso de mil grãos (PMG), número de grãos por planta (NGP), população (POP) e alturas de plantas (AP) e inserção da primeira vagem (AIV) e vigor (VIG) do experimento da aplicação do Bioestimulante MC Extra com formulações de Glyphosate na cultura da soja. Montividiu (GO),2015/16 e 2016/17.....	39

RESUMO GERAL

ANDRADE, C.L.L., MSc, UniRV - Universidade de Rio Verde, junho de 2018. **Desempenho de soja RR[®] submetida a aplicação de bioestimulantes derivados de *ascophyllum nodosum* associados ao glyphosate.** Orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva.

Um dos inúmeros avanços no sistema de produção de soja se destaca pela implementação do uso do glyphosate em soja RR[®] que permite a redução das injúrias provocadas pelos latifolicidas. Entretanto, sintomas de fitointoxicação têm sido observados após as aplicações de glyphosate, as quais foram atribuídas as alterações nos processos fisiológicos da planta. Os bioestimulantes derivados do *Ascophyllum nodosum* têm se destacado em função da sua natureza química, contendo traços de hormônios vegetais, macro e micronutrientes além de aminoácidos e carboidratos, interferindo em respostas fisiológicas nas plantas. Deste modo o objetivo deste trabalho foi identificar bioestimulantes derivados de *A. nodosum*, com potencial para associação com o herbicida, além da avaliação dos efeitos das doses deste extrato de algas associadas a formulações de glyphosate nas características agronômicas da cultura da soja. O MC Extra[®] proporcionou incrementos em produtividade em associação com o glyphosate. As doses do MC Extra[®] promoveram incrementos no número de grãos e na produtividade da cultura da soja, com destaque a dose de 1,00 kg ha⁻¹ associada a todas formulações de glyphosate, exceto Roundup WG[®].

Palavras-chave: Características agronômicas, extrato de algas, *Glycine max*, herbicidas, produtividade.

ABSTRACT

ANDRADE, C.L.L., MSc, UniRV- Rio Verde University, June 2018. **Soybean RR ® performance underwent to biostimulants application derived from *Ascophyllum nodosum* associated with glyphosate.** Advicer: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva.

One of the many advances in the soybean production system stands out by the implementation of the glyphosate use in Soybean RR ® that allows the reduction of the injuries caused by the broadleaf herbicides. However, symptoms of phyto intoxication have been observed after glyphosate applications, which have been attributed to changes in the physiological processes of the plant. The biostimulants derived from the *Ascophyllum nodosum* have been highlighted according to their chemical nature, containing traces of plant hormones, macro and micronutrients besides amino acids and carbohydrates, interfering in physiological responses in the plants. In this way the objective of this work was to identify biostimulants derived from *A. nodosum*, with potential for association with the herbicide, in addition to evaluating the effects of the doses of this algae extract associated with formulations of glyphosate in the agronomic characteristics of soybean culture. MC Extra ® has provided productivity increments in association with glyphosate. The doses of the MC Extra ® have promoted increments in the number of grains and in the productivity of soybean culture, with emphasis on the dose of 1.00 kg ha⁻¹ associada to all formulations of glyphosate, except Roundup WG ®.

Key words: Agronomic features, algae extract, *Glycine max*, herbicides, productivity.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja é a cultura agrícola que mais cresceu em área cultivada no país, estando este aumento associado as condições edafoclimáticas favoráveis, ao cultivo e ao alto desenvolvimento tecnológico do sistema agrícola Brasileiro.

A crescente demanda pela oleaginosa gerou grande procura por novas tecnologias visando o incremento da produção por unidade de área plantada. Isto promoveu menor pressão na abertura de novas áreas, e conseqüentemente maior sustentabilidade da cadeia produtiva. No entanto, inúmeros fatores podem limitar a produtividade da cultura, como irregularidade na semeadura a pressão de pragas e doenças, além do manejo inadequado de plantas daninhas.

O estresse causado pelo uso de herbicidas impõe sérias limitações ao desenvolvimento da planta, acarretando em diminuição das atividades metabólicas e conseqüentemente redução no potencial produtivo. O uso do herbicida glyphosate traz alguns pontos limitantes ao desenvolvimento da soja RR[®], pois sua ação pode causar fitointoxicação ou ainda, promover injúrias mais visíveis, culminando em redução produtividade.

Neste sentido, o uso dos bioestimulantes pode consistir em estratégia para atenuar os efeitos fitotóxicos e promover incrementos no desenvolvimento e na produtividade da cultura por meio da potencialização das atividades fisiológicas da planta. Paralelamente, estes produtos podem exercer papel relevante no aumento da tolerância vegetal aos estresses bióticos e abióticos proporcionando maior estabilidade aos componentes de produtividade.

Mediante o exposto, o objetivo deste trabalho foi de identificar um bioestimulante que associado ao glyphosate promova incrementos nas características agronômicas da cultura. Posteriormente avaliar o efeito das doses deste bioestimulante associado às formulações do herbicida em características agronômicas e componentes de produtividade da cultura da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) apresenta como centro de origem China, sendo cultura amplamente utilizada na alimentação humana há mais de cinco mil anos (EMBRAPA, 2011). É uma leguminosa herbácea, com mecanismo de fixação de carbono do tipo C3, classe dicotiledônea, caracterizada por ser uma planta com grande variabilidade genética (EMBRAPA, 2011). Devido à sua versatilidade, foi a cultura utilizada para abertura de novas fronteiras agrícolas.

No Brasil, a soja desempenha papel fundamental nos sistemas agrícolas. Sua cadeia produtiva envolve desde o abastecimento do mercado interno até a exportação de derivados industrializados (ARAÚJO, 2009). Em função de sua composição química é amplamente utilizada para a produção de óleo, elaboração de ração animal, além ser utilizada para consumo humano *in natura*.

Amplamente cultivada no mundo, em 2017/18 a cultura da soja alcançou aproximadamente 337 milhões de toneladas produzidas (USDA, 2018). O Brasil se destaca como segundo maior produtor da oleaginosa, contribuindo com 30% da produção mundial do grão. O complexo soja é o principal gerador de divisas cambiais do país (MAPA 2018). Estima-se que em 2019 a produção nacional deve representar 40% do comércio mundial do grão e 73% do óleo de soja.

A soja é a cultura agrícola que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 49% da área cultivada em grãos no país (MAPA, 2018). Na safra 2017/18 foram produzidas no Brasil 117 milhões de toneladas de soja CONAB (2018). Além do lucro direto gerado pela venda dos grãos, sua cadeia produtiva impacta diretamente no mercado de insumos, máquinas, armazenamento, assistência técnica e logística gerando milhões de empregos diretos e indiretos (MAPA, 2018).

Este cenário corrobora com os crescentes níveis de investimentos despendidos a cultura, proporcionando avanços tecnológicos e conseqüentemente aumento dos índices de produtividade. Dentre os inúmeros fatores que podem, de alguma forma, limitar o cultivo e o desenvolvimento das plantas, destaca-se a interferência das plantas daninhas. Por ser um dos principais fatores limitantes ao cultivo de soja no Brasil, o manejo das plantas daninhas chama a atenção pela seleção de espécies resistentes, as quais foram selecionadas pelas sucessivas aplicações de herbicidas (OVEJERO et al., 2006; BECKIE, 2011).

Por esta razão, um dos principais avanços que auxiliaram na evolução da sojicultura no Brasil foi a implementação da tecnologia RR[®] (VELINI et al., 2012; BOMTEMPO, 2016). Isto possibilitou rotacionar uma molécula com amplo espectro de ação permitindo o aumento da eficiência de controle de plantas daninhas, além de reduzir as injúrias provocadas pelos latifolicidas tradicionalmente utilizados em soja convencional (ZOBIOLE et al., 2010; MEROTTO et al., 2015).

É importante destacar que o glyphosate é um herbicida sistêmico com grande mobilidade após ser absorvido, e altamente móvel, tanto no xilema como no floema, característica que permite ação fitotóxica mais pronunciada (ZOBIOLE et al., 2010; VELINI et al., 2012; MEROTTO et al., 2015). Em função da facilidade de manejo, além da redução dos efeitos fitotóxicos causados pelos latifolicidas a cultura, notou-se o expressivo aumento do cultivo de soja tolerante ao glyphosate (OSIPE et al., 2014).

De fato, a implementação do glyphosate em pós-emergência da cultura proporcionou inúmeros benefícios, do ponto de vista de manejo. Entretanto a adição do gene que confere a resistência ao herbicida pode ter alterado processos fisiológicos da planta, como a biossíntese de clorofila e redução das taxas fotossintéticas (COBB e READE, 2010). Isto influencia diretamente na estabilidade e potencial produtivo da cultura (CARVALHO, 2013).

Nos primeiros anos de cultivo de soja resistente ao glyphosate, foi relatada a ocorrência de um amarelecimento foliar após a aplicação do herbicida. Este sintoma é denominado de “yellow flashing”, que é consequência da imobilização de Fe, Zn, Cu e Mn pelo glyphosate (ZOBIOLE et al., 2010). Este herbicida possui alta afinidade com cátions bi e tri valentes, promovendo a indisponibilização destes micronutrientes nas folhas, gerando os sintomas acima mencionados (BOTT et al., 2008; JOHAL e HUBER, 2009; VRIES et al., 2011; BINSFELD et al., 2014).

É possível que a duração dos sintomas dependa da habilidade das plantas em repor os níveis adequados destes elementos, seja por meio da absorção radicular ou de estratégias que visem essa reposição foliar (BOTT et al., 2008; JOHAL & HUBER, 2009). Segundo Liu et al., (1991), a principal via de biodegradação do glyphosate envolve a clivagem da molécula, produzindo ácido aminometilfosfônico (AMPA), primeiro metabolito fitotóxico proveniente da degradação do glyphosate. Além disso, o acúmulo de AMPA estava diretamente relacionado com a diminuição da biomassa seca da parte aérea, raiz e do teor de clorofila (ZABLOTOWICZ et al., 2006; VRIES et al., 2011; MEROTTO et al., 2015).

O glyphosate leva a inibição da enzima 5-enol-piruvil-3-shikimato-fosfato sintase, responsável por catalisar a condensação do ácido chiquímico (MACKINNON et al., 2010;

SHARMA et al., 2012). Com o bloqueio da rota do ácido chiquímico, ocorre a paralisação na síntese de metabólitos secundários, comprometendo todas as atividades fisiológicas da planta, inclusive o ciclo de Krebs, podendo até levar a planta a morte (CARVALHO 2013; TAIZ et al., 2017).

Devido à introdução de gene codificador da enzima EPSP, a rota do ácido chiquímico não será bloqueada, mas poderá ser subutilizada proporcionando reduções na síntese aminoácidos aromáticos. Dessa forma, a emissão de sinais químicos é comprometida, pois o triptofano é precursor do ácido indolilacético (IAA), que, por sua vez, é precursor das giberelinas (GAA), ambos hormônios responsáveis pela divisão, multiplicação e alongamento celular. Dessa maneira, aplicações do herbicida em soja RR[®] podem afetar o acúmulo de biomassa e o crescimento da soja, comprometendo o transporte de metabólitos e, conseqüentemente o enchimento de grão (ROMAN, 2007; COBB e READE, 2010; CARVALHO, 2013; MEROTTO et al., 2015).

Com o intuito de prevenir os efeitos negativos ao aparato fisiológico causados pela aplicação do glyphosate em plantas de soja, uma das alternativas é a utilização de bioestimulantes. A partir da utilização destes produtos, espera-se que haja incrementos nas características agronômicas da planta, que poderia auxiliar na mitigação dos efeitos tóxicos que o glyphosate apresenta à cultura.

Esta prática pode ser justificada, pois um bioestimulante é qualquer substância ou microrganismo aplicado as plantas com o objetivo de melhorar a sua eficiência nutricional, tolerância aos estresses abióticos, e a qualidade dos cultivos, independentemente de seu conteúdo nutricional (DU JARDIN, 2016). Isto se justifica pois na composição dos bioestimulantes é identificada a presença de biorreguladores e outras substâncias tais como macro e micronutrientes, aminoácidos, oligossacarídeos, citocininas, auxinas, ácido abscísico, giberelinas, betaínas e alginatos (MACKINNON et al., 2010; SHARMA et al., 2012; POVERO et al., 2016). Além disso os hormônios vegetais são substâncias responsáveis pela emissão de sinais químicos que podem alterar, inibir ou modificar processos bioquímicos nas plantas, causando diferentes respostas fisiológicas (TANDON e DUBEY, 2015; TAIZ et al., 2017). A aplicação destes compostos pode conferir maior resistência, adaptabilidade e produtividade das culturas.

Dentre os bioestimulantes utilizados na agricultura estão os derivados da alga *Ascophyllum nodosum*, originária dos mares do leste canadense e noroeste europeu. (WALLY et al., 2013). Esta alga é muito utilizada na produção de bioestimulantes em função de sua composição química, com destaque para os análogos dos hormônios vegetais, aminoácidos,

polissacarídeos, ácidos graxos, esteroides e poliaminas, além de macro e micronutrientes. (HODGES et al., 2009; CRAIGIE, 2011; WALLY et al., 2013; SHARMA et al., 2014).

Entre as décadas de 1970 e 1980, pelas análises de cromatografia gasosa e espectrometria de massa, foi confirmada a presença de diversos tipos de auxinas em extratos de *A. nodosum* (VAN PIETERSE et al., 1996). Estas descobertas justificaram os resultados de Albrecht et al., (2011) e Carvalho, (2013) que constataram que a aplicação foliar do extrato de *A. nodosum* promoveu incrementos em produtividade e no número de vagens em plantas de soja. Estes resultados sugerem a capacidade dos hormônios vegetais em potencializar a divisão e multiplicação celular (TAIZ et al., 2017).

A gama de compostos presentes nos extratos de alga possui funções nutricionais e enzimáticas além de potencializar os sinais químicos, podendo auxiliar a planta em superar condições climáticas e de manejo adversas (SHARMA et al., 2012). A habilidade da soja em competir com plantas daninhas e sua capacidade de recuperação das injúrias causadas pelo glyphosate garante-lhe vantagens na síntese de fotoassimilados, os quais serão direcionados para o enchimento de grãos durante o período reprodutivo.

Sabe-se que os hormônios vegetais são substâncias que podem auxiliar a planta de soja a superar o estado de estresse imposto pelas aplicações de glyphosate. Este efeito reparador pode ser proporcionado pelas auxinas por induzirem a divisão celular, a expansão foliar, o alongamento do caule e a formação de raízes, além dos efeitos das giberelinas por atuarem no crescimento do caule. Aliado ao papel das citocininas, que regulam a divisão celular, promovem o desenvolvimento de cloroplastos, a expansão celular em folhas e cotilédones, além de atuar como indutores de abertura estomática (LJUNG et al., 2001; MARCOS FILHO, 2005; DAVIES, 2010; TAIZ et al., 2017).

Além disso, os aminoácidos presentes em sua composição contribuem para a formação de proteínas que incorporam nutrientes catiônicos como Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn e Mn (LAMBAIS, 2011; CASTRO, 2014; DU JARDIN, 2015). Os íons são complexados formando um quelato orgânico, aumentando assim a retenção de nutrientes nas folhas (BINSFELD et al., 2014). Isto confere maior resistência a estresse hídrico e a altas temperaturas (DU JARDIN, 2015; TAIZ et al., 2017).

O glyphosate diminuiu a taxa fotossintética e a conversão de fotoassimilados nas plantas RR[®], porém o uso de aminoácidos pode ser uma estratégia para prevenir os efeitos indesejáveis desse herbicida (ZOBIOLE et al., 2010). Segundo Merotto et al. (2015), as aplicações de glyphosate até 1440 g ha⁻¹ não alteraram o acúmulo de Fe e Mn, contudo a aplicação de bioestimulante não foi eficiente em aumentar a produtividade de grãos nas cultivares de soja

RR[®]. Estes resultados confirmam a necessidade de identificar os efeitos do glyphosate em interação com o bioestimulante em soja RR[®].

É necessário que se leve em consideração que as aplicações de glyphosate são realizadas, via de regra, quando a soja se encontra em estágio V₄ (quarto trifólio completamente desenvolvido). Dessa forma é importante identificar se o efeito reparador do bioestimulante pode ser mais pronunciado quando aplicado associado ao herbicida ou após a aplicação do herbicida.

Estudos mostram que maiores ganhos em produtividade foram alcançados com aplicações de bioestimulante no estágio reprodutivo, garantindo maior produção de nós, vagens e grãos (ALBRECHT et al., 2011). No entanto, Lambais (2011) em um estudo mais específico verificou que a aplicação de bioestimulante associado ao herbicida glyphosate, em estágio vegetativo proporcionou maior absorção de macronutrientes, demonstrando ação antiestressante nas plantas de soja em função da aplicação do glyphosate.

Em função dos elementos orgânicos presentes em sua composição e da importância nas reações bioquímicas e fisiológicas, acredita-se que os bioestimulantes à base de algas marinhas possa potencializar a capacidade metabólica da soja, resultando em maiores taxas fotossintéticas. Estas reações implicariam diretamente na capacidade da planta em superar estresses bióticos e abióticos, permitindo reverter os efeitos da fitointoxicação de glyphosate.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ÁVILA, M.R.; ALBRECHT, A.J.P.; RICCI, T.T. Manejo de biorregulador nos componentes de produção e desempenho das plantas de soja. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 6, p. 865-876, 2011.

ARAUJO, M.A.; MORETTI de SOUZA, J.L.; EBLING BRONDANI, G.; PAULETTI, V. Sistemas de manejo e relações hídricas do solo na produtividade da cultura da soja, em Ponta Grossa-Paraná. **Scientia Agrária**, v. 10, n. 5, p. 403-412, 2009.

BECKIE, H.J. Herbicide-resistant weed management: focus on glyphosate. **Pest Management Science**, v. 67, n. 9, p. 1037-1048, 2011.

BINSFELD, J.A.; PICCININ BARBIERI, A.P.; HUTH, C.; CERVO CABRERA, I.; MERTZ HENNING, L.M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 88-94, 2014.

BOMTEMPO, A.F.; ALVES, F.M.; CARNEIRO, G.D.O.P.; MACHADO, L.G.; SILVA, L.O.D.; AQUINO, L.A. Influência de bioestimulantes e nutrientes na emergência e no crescimento inicial de feijão, soja e milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 1, p. 86-93, 2016.

BOTT, S.; TESFAMARIAM, T.; CANDAN, H.; CAKMAK, I.; ROMHELD, V.; NEUMANN, G. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Plant Soil**, v. 312, n. 1, p. 185-194, 2008.

CARVALHO, L.B. **Herbicidas**. Lages: Editado pelo autor, p. 62, 2013.

CARVALHO, M.E.A. **Efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre o desenvolvimento e produção de cultivos**. 2013. 69f. Tese – (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2013.

COBB, A.H.; READE, J.P.H. **Herbicides and plant physiology**. 2^a. ed. London: Wiley-Blackwell, 2010. 296 p.

CONAB – Companhia Brasileira de Abastecimento. **10º Levantamento - Safra 2017/18**. Disponível em: <www.conab.gov.br/> Acesso em: 10 de julho de 2018.

CRAIGIE, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, n. 3, p. 371–393, 2011.

DAVIES, P.J. **Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action!** 3^a. ed. Dordrecht: Springer, 2010. 802 p.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia de produção de soja - Região Central do Brasil**. Londrina: EMBRAPA/CNPQ, 2011. p. 255.

HODGES, D.M.; CRITCHLEY, A.T.; CRAIGIE, J.S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 4, p. 386–399, 2009.

JOHAL, G.S.; HUBER, D.M. Glyphosate effects on diseases of plants. **European Journal of Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 144-152, 2009.

LAMBAIS, G.R. **Aminoácidos como coadjuvantes da adubação foliar e do uso do glyphosate na cultura de soja**. 2011. 97f. Tese – (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2011.

LIU, C.M.; McLEAN, P.A.; SOOKDEO, C.C. Degradation of the herbicide glyphosate by members of the family Rhizobiaceae. **Applied Environmental Microbiology**, v. 57, n. 6, p. 1799-1804, 1991.

LJUNG, K.; BHALERAO, R.P.; SANDBERG, G. Sites and homeostatic control of auxin biosynthesis in *Arabidopsis* during vegetative growth. **The Plant Journal**, v. 28, n. 4, p. 465-474, 2001.

MACKINNON, S.L.; HILTZ, D.; UGARTE, R.; CRAFT, C.A. Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. **Journal of Applied Phycology**, v. 22, n. 4, p. 489-494, 2010.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Soja**, 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 10 de julho de 2018.

MEROTTO, A.; WAGNER, J.; MENEGUZZI, C. Effects of Glyphosate and foliar application of micronutrients in transgenic soybean. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 499-508, 2015.

OVEJERO, R.F.; PENCKOWSKI, L.H.; PODOLAM, M.J.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Alternativas de manejo químico da planta daninha *Digitaria insularis* resistente aos herbicidas inibidores da ACCase na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 407-414, 2006.

OSIPE, J.B.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; RIOS, F.A.; FRANCHINI, L.H.M.; RAIMONDI, M.A. Seletividade de aplicações combinadas de herbicidas em pré e pós-emergência para a soja tolerante ao glyphosate. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 623-631, 2014.

POVERO, G.; MEJIA, J.F.; DI TOMMASO, D.; PIAGGESI, A.; WARRIOR, P. A systematic approach to discover and characterize natural plant biostimulants. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 435, 2016.

ROMAN, E.S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M.A.; WOLF, T. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Berthier, 2007. 158p

SHARMA, H.S.S.; FLEMING, C.; SELBY, C.; RAO, J.R.; MARTIN, T. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of Applied Phycology**, v. 26, n. 1, p. 465-490, 2014.

SHARMA, S.H.S.; LYONS, G.; MCROBERTS, C.; MCCALL, D.; CARMICHAEL, E.; ANDREWS, F.; SWAN, R.; MCCORMACK, R.; MELLON, R. Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigna mungo* L.) and pak choi (*Brassica rapa* ssp. *chinensis* L.). **Journal of Applied Phycology**, v. 24, n. 5, p. 1081-1091, 2012.

TANDON, S.; DUBEY, A. Effects of Biozyme (*Ascophyllum nodosum*) biostimulant on growth and development of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 46, n. 7, p. 845-858, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017, p. 888.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Soybeans: World Supply and Distribution 2018**. Disponível em: <apps.fas.usda.gov/psdonline/> Acesso em: 10 de julho de 2018.

VRIES, B.D.; FEHR, W.R. Impact of the event for glyphosate tolerance on agronomic and seed traits of soybean. **Crop science**, v. 51, n. 3, p. 1023-1027, 2011.

WALLY, O.S.D.; CRITCHLEY, A.T.; HILTZ, D.; CRAIGIE, J.S.; HAN, X.; ZAHARIA, L.I.; ABRAMS, S.R.; PRITHIVIRAJ, B. Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in *Arabidopsis* following treatment with commercial extract from the marine macroalga *Ascophyllum nodosum*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 32, n. 2, p. 324–339, 2013.

VAN PIETERSE, C.M.J.; WEES, S.C.M.; VAN HOFFLAND, E.; PELT, J.A.; VAN LOON, L.C. Systemic resistance in *Arabidopsis* induced by biocontrol bacteria independent of salicylic acid accumulation and pathogenesis related gene expression. **The Plant Cell**, v. 8, n. 8, p. 1225–1237, 1996.

VELINI, E.D.; CARBONARI, C.A.; MESCHEDE, D.K.; TRINDADE, M.L.B. **Glyphosate uso sustentável**. Botucatu: FEPAF, 2012. p.185- 202.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; HUBER, D.M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA, A. Glyphosate reduces shoot concentration of mineral nutrients in glyphosateresistant soybeans. **Plant and Soil**, v. 328, n. 1, p. 57-69, 2010.

ZABLOTOWICZ, R.M.; WEAVER, M.A.; LOCKE, M.A. Microbial adaptation for accelerated atrazine mineralization/degradation in Mississippi Delta soils. **Weed Science**, v.54, n.3, p.538–547. 2006.

CAPÍTULO 1

BIOESTIMULANTES DERIVADOS DE *Ascophyllum nodosum* ASSOCIADOS AO GLYPHOSATE EM CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA SOJA RR[®]

RESUMO

O glyphosate é a principal ferramenta no controle de plantas daninhas na soja. Apesar disto, sintomas de fitointoxicação após a aplicação deste herbicida vem sendo relatados na soja RR[®]. Neste contexto os bioestimulantes podem potencializar as atividades metabólicas da planta, em função dos biorreguladores, aminoácidos, carboidratos e nutrientes presentes em sua formulação, tornando-se uma alternativa para minimizar os efeitos fitotóxicos do glyphosate. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi identificar um bioestimulante que associado ao glyphosate promova incrementos nas características agronômicas da cultura. Para isso, conduziu-se um experimento na safra 2014/15 com 13 tratamentos, resultantes da combinação da aplicação dos bioestimulantes com o herbicida glyphosate. Os bioestimulantes utilizados foram MC Cream[®] (Carbono orgânico, auxina, citocinina, giberelina, Mn 15 gL⁻¹), MC Extra[®] (Carbono orgânico 200 g L⁻¹, N 10 g L⁻¹, K₂O 200 g L⁻¹) e Megafol[®] (Carbono orgânico 109,8 g L⁻¹, N 36,6 g L⁻¹, K₂O 97,6 g L⁻¹). Para a aplicações de glyphosate, foi utilizado Roundup Transorb[®] (Concentração 580 g L⁻¹, SC, Monsanto), na dose de 900 g e. a. ha⁻¹. A análise dos dados permitiu concluir que o glyphosate não ocasionou reduções aos componentes de produtividade. O MC Extra[®] apresentou potencial para associação com o glyphosate em estágio vegetativo e o MC Cream[®] obteve melhores respostas em estágio reprodutivo.

Palavras-chave: Características agronômicas, extrato de algas, *Glycine max*, herbicidas, produtividade.

ABSTRACT

BIOSTIMULANTS DERIVED FROM ASCOPHYLLUM NODSOSUM ASSOCIATED WITH GLYPHOSATE IN AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF SOYBEAN RR ®

Glyphosate is the main tool in controlling weeds in soybeans. Despite this, symptoms of phyto intoxication after the application of this herbicide have been reported in the Soybean RR ®. In this context, biostimulants can enhance the metabolic activities of the plant, depending on the bioregulators, amino acids, carbohydrates and nutrients present in its formulation, making it an alternative to minimize the phytotoxic effects of the glyphosate. In this way the objective of this work was to identify a biostimulant that associated with the glyphosate promotes increments in the agronomic characteristics of the culture. For this, an experiment was carried out in the 2014/15 harvest with 13 treatments, resulting from the combination of the application of biostimulants with the herbicide glyphosate. The biostimulants used were MC Cream ® (organic carbon, auxin, Cytokinin, Gibberellin, Mn 15 GL-1), MC Extra ® (organic carbon 200 g L-1, n 10 g L-1, K₂O 200 g L-1) and Megafol ® (organic carbon 109.8 g L-1, N 36.6 g L-1, K₂O 97.6 g L-1). For glyphosate applications, Roundup Suppression ® was used (concentration 580 g L-1, SC, Monsanto), in the dose of 900 g e. A. Ha-1. Data analysis has made it possible to conclude that glyphosate has not caused reductions in the components productivity. MC Extra ® presented potential for association with glyphosate in a vegetative stadium and MC Cream ® obtained better responses in reproductive stadium.

Key words: Agronomic features, algae extract, Glycine max, herbicides, productivity.

1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores limitantes ao cultivo de soja no Brasil é a competição imposta pelas plantas daninhas (BECKIE, 2011). Em função da interferência, principalmente pela competição por água, nutrientes e luz, as plantas daninhas comprometem o crescimento inicial da cultura e o desenvolvimento de estruturas reprodutivas, limitando os componentes da produtividade.

Por estas razões a implementação do uso de glyphosate em pós-emergência da cultura foi um dos marcos na sojicultura brasileira. Isto foi possível por meio do desenvolvimento de cultivares com tolerância a este herbicida. Esta inovação proporcionou aumento da eficiência de controle e a redução do impacto ambiental causado pelo uso excessivo de defensivos agrícolas (BECKIE, 2011).

Apesar disso, com a seleção de biótipos de plantas daninhas tolerantes ao glyphosate, tornou-se comum o aumento das doses aplicadas deste ingrediente ativo (FERREIRA et al., 2009). Dessa forma, passou-se a observar sintomas de amarelecimento das folhas superiores, além de redução da massa seca da raiz e parte aérea, bem como dos teores de clorofila nas plantas de soja tratadas com este herbicida (SANTOS et al., 2007; ZABLOTOWICZ e REDDY, 2007)

Uma possibilidade de amenizar os efeitos negativos do glyphosate é o uso de aminoácidos (ZOBIOLE, 2011). Esta prática é justificada pois o bioestimulante é uma mistura de um biorregulador com outras substâncias tais como nutrientes, vitaminas, aminoácidos ou carboidratos (POVERO et al., 2016). Dessa forma, estes compostos podem alterar, inibir ou modificar processos bioquímicos nas plantas, proporcionando diferentes respostas fisiológicas. A aplicação destes compostos pode conferir maior tolerância a ação fitotóxica do herbicida, ampliar a adaptabilidade e produtividade das culturas (VAN OOSTEN et al., 2017).

A definição industrial de bioestimulante foi inicialmente proposta em 2012 visando padronizar e classificar tais substâncias, principalmente, em função da existência inúmeras algas as quais são matéria-prima e em relação aos benefícios gerados por elas (VANDENKOORNHUYSE et al., 2015; VAN OOSTEN et al., 2017). Durante um longo período, seus efeitos foram considerados duvidosos pela sua natureza química e a dificuldade inerente de determinar quais componentes específicos estavam fazendo contribuições positivas as plantas (DU JARDIM, 2015). Por estas razões é necessário verificar os efeitos dos grupos de bioestimulantes no mecanismo fisiológico das plantas de soja.

Dentre os bioestimulantes orgânicos utilizados na agricultura estão os derivados da alga

Ascophyllum nodosum, originária dos mares do leste canadense e noroeste europeu (POVERO et al., 2016). Entre as décadas de 1970 e 1980, por meio da análise de cromatografia gasosa e espectrometria de massa, foi confirmada a presença de diversos tipos de auxinas em extratos de *Ascophyllum nodosum* (VAN PIETERSE et al., 1996).

Em função dos compostos presentes nos extratos desta alga (hormônios vegetais, aminoácidos, polissacarídeos, ácidos graxos, esteroides e poliaminas, além de macro e micronutrientes) são atribuídos aos bioestimulantes funções nutricionais e enzimáticas. Além disso podem potencializar os sinais químicos, podendo auxiliar a planta em superar condições climáticas e de manejo adversas (VAN OOSTEN et al., 2017), assim como atribuir vantagens a planta perante as aplicações do herbicida.

Mediante ao exposto acredita-se que o glyphosate possa ser um dos fatores limitantes ao desenvolvimento de soja RR[®], contudo os bioestimulantes derivados do *Ascophyllum nodosum* podem ser uma alternativa para minimizar os efeitos fitotóxicos causados pelas aplicações deste herbicida. Entretanto, é necessário identificar o bioestimulante que promoverá melhores respostas quando associado ao glyphosate.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi identificar um bioestimulante que associado ao glyphosate promova incrementos nas características agrônômicas da cultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado a campo nas coordenadas 17°31'02,3" S; 51°12'52,9" W; a 894 m de altitude no município de Montividiu-GO, na safra de 2014/15, em solo cultivado no sistema de plantio direto.

O clima na localidade em que o experimento foi conduzido é do tipo Aw, clima tropical com estação seca, caracterizado por apresentar chuvas mais intensas no verão em comparação ao inverno (Köppen). Os dados de precipitação e temperatura média do ar durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

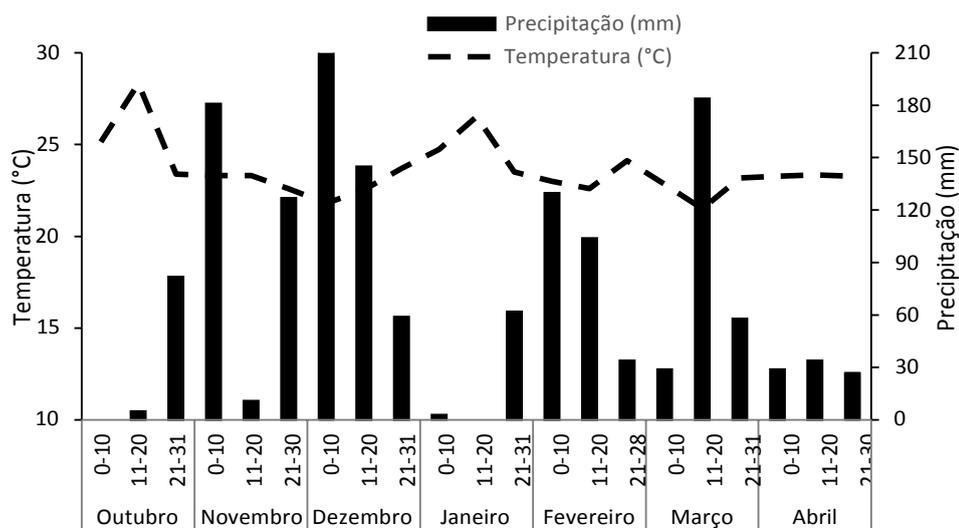


Figura 1. Valores médios de precipitação (mm) e de temperatura média do ar (°C) durante a condução do experimento. Montividiu-GO, safra 2014/15.

A amostra de solo da área experimental foi coletada na camada de 0-20 cm de profundidade, tendo as seguintes características físico-químicas: pH em CaCl₂: 5,3; Ca: 3,01; Mg: 0,74; Al: 0,1; H + Al: 4,0; K: 0,3 em cmol_c dm⁻³; P: 3,6 mg dm⁻³; CTC: 8,0 cmol_c dm⁻³; V: 50,52%; MO: 30,10 g kg⁻¹, argila: 610, silte: 700 e areia: 320 g kg⁻¹.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo avaliados treze tratamentos. Os tratamentos foram compostos levando em consideração a aplicação de glyphosate em pós-emergência da soja com diferentes bioestimulantes, estando a relação destes apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos do experimento de uso de glyphosate associado à bioestimulantes na cultura da soja. Montividiu -GO, 2014/15

	1ª Aplicação (Dose – L ou kg p.c. ha ⁻¹) ^{1/}	2ª Aplicação (Dose – L ou kg p.c. ha ⁻¹ / época)
T ₁	MC Extra (1)	-
T ₂	MC Extra (1) + glyphosate	-
T ₃	Megafol (1) + glyphosate	-
T ₄	MC Extra + glyphosate	Megafol (1) / R ₅
T ₅	MC Extra (0,5) + Megafol (1) + glyphosate	-
T ₆	MC Extra (0,5) + glyphosate	MC Extra (0,5) / R ₅
T ₇	MC Cream (1) + glyphosate	-
T ₈	MC Cream (1) + glyphosate	MC Cream (1) / R ₅
T ₉	MC Cream (1) + glyphosate	MC Extra (1) / R ₅
T ₁₀	MC Extra (1) + glyphosate	MC Cream (1) / R ₅
T ₁₁	glyphosate	MC Cream (1) / R ₁
T ₁₂	glyphosate	MC Extra (1) / R ₁
T ₁₃	glyphosate	-

^{1/} Aplicação realizada em pós-emergência da soja no estádio V₅. Aplicação de glyphosate realizada na dose de 900 g e.a. ha⁻¹.

Todos os bioestimulantes utilizados na composição dos tratamentos são de origem vegetal, sendo os mesmos derivados da alga *Ascophyllum nodosum*. Os produtos utilizados foram: MC Cream[®] (Carbono orgânico, Mn: 15 g L⁻¹; Zn: 5 g L⁻¹), MC Extra[®] (Carbono orgânico: 200 g L⁻¹, N: 10 g L⁻¹, K₂O: 200 g L⁻¹) e Megafol[®] (Carbono orgânico: 109,8 g L⁻¹, N: 36,6 g L⁻¹, K₂O: 97,6 g L⁻¹). Para as aplicações de glyphosate, foi utilizado o produto comercial Roundup Transorb[®] (Concentração 580 g L⁻¹, SC, Monsanto), na dose de 900 g e. a. ha⁻¹, em função de ser esta a dose recomendada para o controle das plantas daninhas presentes na área (MAPA, 2014). Os tratamentos foram compostos pela aplicação conjunta de glyphosate e bioestimulante, na mesma calda de aplicação.

As unidades experimentais continham seis linhas de 10,0 m de comprimento, espaçadas em 0,5 m. A área útil foi obtida levando em consideração as duas linhas centrais, desconsiderando 0,5 m de cada extremidade, apresentando, portanto 9 m².

Uma semana antes da semeadura da soja, foi realizada a dessecação de manejo, de forma mecanizada, com aplicação de glyphosate na dose de 1.200 g e.a ha⁻¹. Para adubação da cultura, um dia antes da semeadura, foi aplicado a lanço, 250 e 150 kg ha⁻¹ dos fertilizantes superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

A semeadura da soja foi realizada em 29/10/2014. A cultivar empregada foi a BMX Desafio RR[®], de hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce, flor branca e pubescência cinza, e grupo de maturação 7,3 para a microrregião de realização do experimento. Os tratos culturais foram realizados de acordo com os recomendados para a cultura, procedendo ao controle de pragas e doenças sem deixar que estes influenciem no desenvolvimento da soja (BUENO et al., 2014). Os tratamentos em a aplicação de glyphosate foram manejados com capina manual para evitar a interferência das plantas daninhas.

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal pressurizado por CO₂, munido de barra com seis pontas tipo TT 110-02, leque duplo e volume de calda equivalente a 150 L ha⁻¹ quando regulado a 2,5 kgf cm⁻². Após os recipientes estarem abastecidos com água, foi adicionado o herbicida. As datas e as condições climáticas nas respectivas épocas de aplicação dos tratamentos estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Condições climáticas nas respectivas épocas de aplicação dos tratamentos. Montividiu (GO), 2014/15

	1ª Aplicação - V ₅	2ª Aplicação - R ₁	3ª Aplicação - R ₅
Data	04/12/2014	20/12/2014	30/12/2014
Horário da aplicação	07:45	15:25	11:30
Velocidade vento	2,0	8,4	2,3
T°C	27,3	25,8	29,5
Umidade relativa	75,0	77,8	43,0

Aos 15 dias após a primeira aplicação, quando as plantas estavam com cinco trifólios completamente expandidos, foi realizada, na área útil da parcela, avaliação de altura inicial de plantas (medição do colo até a extremidade da inserção do último trifólio completamente desenvolvido). Na colheita da soja, foi realizada novamente a avaliação de altura de planta e altura de inserção da primeira vagem (medição do colo ao último trifólio completamente expandido e a inserção da primeira vagem, respectivamente) além da população final (contagem do número de plantas na colheita).

A colheita foi realizada em 25 de fevereiro de 2015 (114 dias após a emergência) e nesta ocasião, foi avaliada a produtividade de grãos (colheita das plantas com debulha das vagens e pesagem dos grãos com correção da umidade para 13%), peso de mil grãos (pesagem de mil grãos a partir da amostra de produtividade, com correção da umidade para 13%) e número de vagens por planta (contagem do número de vagens em cinco plantas coletadas aleatoriamente).

Todos os dados foram submetidos à análise de variância com emprego do teste F. Uma vez constatado efeito significativo, foi empregado o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos. Além disso, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson para se determinar o grau de correlação entre as variáveis analisadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos, pode-se notar que os tratamentos com MC Extra[®] - V₅, Megafol[®] - V₅ e MC Extra[®] - V₅ / Megafol[®] - R₅ (T₂, T₃, T₄), além de MC Extra[®] - V₅ / MC Extra[®] - R₅, MC Extra[®] - V₅ / MC Cream[®] - R₅ e MC Cream[®] - R₅ (T₆, T₁₀, T₁₁) apresentaram produtividade de grãos superiores ao tratamento sem bioestimulante (T₁₃) (Tabela 3). É importante destacar que os tratamentos T₂, T₄, T₆ e T₁₀ apresentam como semelhança a aplicação do MC Extra[®] com glyphosate em V₅.

Tabela 3. Significâncias e valores médios das variáveis, produtividade de grãos (PROD), peso de mil grãos (PMG) e número de vagens totais (NVT) do experimento de bioestimulantes na cultura da soja. Montividiu (GO), 2014/15

Fonte de Variação		PROD (kg ha ⁻¹)	PMG (g)	NVT ---	
Tratamento		*	Ns	**	
T ₁	MC Extra	-	4.424 b	167	32,24 a
T ₂	MC Extra + glyphosate	-	4.757 a	158	28,41 b
T ₃	Megafol + glyphosate	-	4.598 a	154	29,62 b
T ₄	MC Extra + glyphosate	Megafol; R ₅	4.754 a	157	29,87 b
T ₅	MC Extra + Megafol + glyphosate	-	3.895 b	154	27,95 b
T ₆	MC Extra + glyphosate	MC Extra (0,5); R ₅	4.733 a	156	37,08 a
T ₇	MC Cream + glyphosate	-	4.404 b	155	26,46 b
T ₈	MC Cream + glyphosate	MC Cream; R ₅	4.042 b	156	34,08 a
T ₉	MC Cream + glyphosate	MC Extra; R ₅	4.331 b	163	28,20 b
T ₁₀	MC Extra + glyphosate	MC Cream; R ₅	4.538 a	159	31,33 b
T ₁₁	glyphosate	MC Cream; R ₁	4.723 a	155	34,37 a
T ₁₂	glyphosate	MC Extra; R ₁	4.307 b	158	34,37 a
T ₁₃	glyphosate	-	4.158 b	156	35,45 a
Médias			4.436	157	31,50
Coeficiente de variação (%)			10,31	4,42	12,09

**; * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns não significativo a 5% de probabilidade. * Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

O MC Extra possui em sua composição micronutrientes como o ferro, cobre, zinco e manganês, além de ativadores enzimáticos que incrementam a atividade metabólica da planta. O aumento na disponibilidade de manganês, pelo uso de bioestimulante, pode proporcionar maior síntese de clorofila culminando em incremento da taxa fotossintética (ALBRECHT et al., 2011). O aumento das atividades enzimáticas, juntamente com a presença dos hormônios vegetais, potencializa a emissão de sinais químicos, favorecendo o processo de divisão e expansão celular resultando em maior crescimento (TAIZ et al., 2017). Isto consequentemente proporcionará maior síntese e translocação de metabólitos, proporcionando maiores produtividades (POVERO et al., 2016). O que pode justificar o encontrado neste trabalho.

Dessa forma, acredita-se que os adjuvantes presentes na formulação do Roundup Transorb[®] tenham contribuído com a penetração e absorção do MC Extra[®] (T₂, T₄, T₆ e T₁₀). Isto pode ser constatado no tratamento que recebeu a aplicação de MC Extra[®] e glyphosate (T₂), que obteve produtividade 7% superior ao que recebeu apenas o bioestimulante (T₁). Este sinergismo é confirmado através da semelhança entre os tratamentos com MC Extra[®] sem associação com glyphosate (T₁ e T₁₂) com o tratamento sem bioestimulante (T₁₃). Estes resultados sugerem que o bioestimulante, aplicado sem o glyphosate independentemente do estágio de aplicação, não influenciou a produtividade da soja.

É válido ressaltar que a penetração dos compostos nutricionais pela cutícula é lenta em função do raio iônico dos elementos (TAIZ et al., 2017). No entanto, acredita-se que este

processo foi potencializado pela ação dos adjuvantes, ao quebrar a tensão superficial da gota promove maior aderência a superfície da folha, diminuindo consideravelmente o tempo de penetração do bioestimulante em associação com o herbicida.

Mediante ao exposto, observa-se que o tratamento com MC Extra[®] e glyphosate (T₂) foi semelhante aos tratamentos com MC Extra[®] e glyphosate em V₅/ e Megafol e MC Cream[®] em R₅ (T₄ e T₁₀). Sendo assim, pode-se inferir que as aplicações de Megafol em R₅ (T₄) e MC Cream em R₅ (T₁₀) não representaram benefícios quando em sucessão ao MC Extra em V₅. Por outro lado, destaca-se o potencial de redução da dose de MC Extra, visto a semelhança entre os tratamentos com MC Extra[®] em V₅ (T₂) e (T₆) MC Extra[®] em V₅/R₅. Já o Tratamento com MC Extra[®] em V₅/R₅ (T₆) foi superior ao MC Extra R₁ (T₁₂).

Neste caso, o produto não proporcionou efeitos significativos na planta, pois já havia sido definido o porte e o número de vagens por planta. Isto pode ser atribuído a alteração do balanço entre auxinas e citocininas, uma vez que no processo de produção do MC Extra[®] ocorre redução da concentração das giberelinas, pois, segundo Van Oosten et al. (2017) a composição do bioestimulante é completamente dependente do método de extração da alga. Isto proporciona maior crescimento do sistema radicular e potencialização da dominância apical (TAIZ et al., 2017), permitindo maiores taxas fotossintéticas e produção de metabólitos.

É importante destacar que as aplicações de MC Cream[®] associado ao glyphosate (T₇, T₈ e T₉) apresentaram produtividades semelhantes ao tratamento sem bioestimulante e inferiores aos tratamentos contendo MC Extra[®] e Megafol[®] (T₂, T₃ e T₁₀). Mesmo a aplicação sequencial de MC Cream[®] (T₈) ou a aplicação posterior do MC Extra e MC Cream[®] (T₉ e T₁₀) não foram suficientes para proporcionar aumentos de produtividade de grãos. Isto leva a crer que o glyphosate pode ter causado indisponibilidade de parte do princípio ativo presente no MC Cream[®], em função de um possível efeito antagônico entre as moléculas, demonstrando sua melhor performance quando aplicado sem a presença de glyphosate.

Entretanto, destaca-se que a aplicação de MC Cream[®] em R₁ e sem glyphosate (T₁₁) obteve produtividade 11% superior a testemunha. É importante registrar que o resultado obtido pelo MC Cream[®] deve-se, possivelmente, a maior concentração de giberelinas, induzindo a formação de maior número de ramificações laterais e pegamento das flores, proporcionando aumento na produtividade de grãos (POVERO et al., 2016). Além disso, o Megafol[®] não proporcionou incrementos em produtividade em associação com o MC Extra[®] e glyphosate (T₅), no entanto, na mistura apenas com o herbicida (T₃) proporcionou acréscimos na produtividade da cultura da soja. Este resultado corrobora com o apresentado por Miroshnichenko et al. (2017) que verificaram que a aplicação de Megafol[®] em plantas de trigo proporcionou incrementos na

produtividade da cultura, além de promover maior acúmulo de potássio, magnésio e cálcio e manganês, cobre e zinco nos grãos.

Os tratamentos não influenciaram a peso de mil grãos. O parcelamento da dose de MC Extra[®], em V₅ e R₅ (T₆) e o tratamento com MC Cream[®] aplicado em R₁ (T₁₁) apresentaram maior número de vagens totais (Tabela 3) e conseqüentemente maior produtividade de grãos.

Os tratamentos influenciaram significativamente o porte das plantas de soja (Tabela 4). Neste contexto, o tratamento com MC Extra[®] e glyphosate em estágio V₅ (T₂) e MC Cream[®] em estágio R₁ (T₁₁) apresentaram a maior altura inicial de plantas, diferenciando-se dos demais, ao contrário do tratamento com MC Extra[®] em V₅ e sem glyphosate (T₁). O glyphosate pode causar a imobilização de macro e micronutrientes, além de comprometer a síntese de aminoácidos aromáticos, responsáveis pelo crescimento e acúmulo de massa, esperava-se que o tratamento contendo glyphosate proporcionasse plantas de menor porte, no entanto isto não ocorreu.

Tabela 4. Significâncias e valores médios das variáveis, alturas de plantas inicial (API), final (APF) e de inserção da primeira vagem (AIV), além da população de plantas (POP) do experimento de bioestimulantes na cultura da soja. Montividiu (GO), 2014/15

Fonte de variação		API	APF	AIV	POP	
Tratamento		**	-- (cm) --	Ns	(pls ha ⁻¹)	
		**	**		*	
T ₁	MC Extra	-	31,54 d	62,54 b	11,95	398.333 b
T ₂	MC Extra + glyphosate	-	38,33 a	67,79 a	13,25	395.625 b
T ₃	Megafol + glyphosate	-	33,29 c	60,91 b	11,21	430.625 a
T ₄	MC Extra + glyphosate	Megafol; R ₅	35,91 b	63,12 b	12,04	415.000 a
T ₅	MC Extra + Megafol + glyphosate		35,78 b	63,79 b	12,58	416.875 a
T ₆	MC Extra + glyphosate	MC Extra ; R ₅	35,00 b	64,00 b	11,62	406.250 b
T ₇	MC Cream + glyphosate	-	34,77 b	63,25 b	12,66	396.250 b
T ₈	MC Cream + glyphosate	MC Cream; R ₅	36,24 b	70,83 a	11,91	405.000 b
T ₉	MC Cream + glyphosate	MC Extra; R ₅	33,56 c	60,79 b	12,37	425.625 a
T ₁₀	MC Extra + glyphosate	MC Cream; R ₅	33,36 c	64,33 b	12,41	415.625 a
T ₁₁	glyphosate	MC Cream; R ₁	37,22 a	65,37 b	12,25	401.250 b
T ₁₂	glyphosate	MC Extra; R ₁	32,41 d	61,74 b	11,29	405.000 b
T ₁₃	glyphosate	-	34,44 c	63,58 b	11,95	418.750 a
Médias			34,76	64,00	12,11	410.016
Coeficiente de variação (%)			3,97	5,40	7,72	4,72

**; * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns não significativo a 5% de probabilidade.* Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Entretanto, esta avaliação foi realizada aos 15 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. Isto indica que o bioestimulante pode ter proporcionado reposição nutricional suficiente para que a rota do ácido chiquímico não fosse comprometida. Além disso, a formulação do Roundup Transorb[®] proporcionou efeito benéfico na absorção e na translocação do MC Extra[®], possivelmente em função de seus efeitos sobre a cutícula e na permeabilidade da membrana plasmática (MACKINNON et al., 2010).

O resultado de altura final de plantas corrobora com o encontrado para altura inicial, e a associação do herbicida com o MC Extra® (T₂) proporcionou maiores valores da característica. Entretanto, segundo Zobiole et al. (2011) a aplicação de glyphosate em V₄, de forma isolada ou associado aminoácidos, semelhante ao utilizado neste trabalho, proporcionou menores alturas de plantas, contrariando o encontrado neste estudo.

Devido ao possível decréscimo da síntese de clorofila, da taxa fotossintética e pela imobilização de cátions como Fe, Mn, Zn e Cu nos tecidos foliares causados pelo glyphosate, é possível que este conjunto de fatores tenham contribuído com a ocorrência de plantas com menores estaturas (CONSTANTIN et al., 2016). Como o aumento nos valores desta característica depende da energia suprida pela fotossíntese para sintetizar compostos carbônicos, diminuições na assimilação do CO₂ levam à redução na biomassa e no acúmulo de carboidratos (MAGALHÃES FILHO et al., 2008). No entanto, acredita-se que a ação do glyphosate e dos adjuvantes, presentes em sua formulação, proporcionou maior penetração e absorção do MC Extra, minimizando as alterações no metabolismo da planta e as atividades das enzimas do ciclo de Calvin (IRELAND, 2005).

Por meio do coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 5) é possível constatar efeito significativo positivo entre peso de mil grãos e o rendimento de grãos, além da correlação negativa entre altura de inserção de vagem e número total de vagens. Neste contexto, acredita-se que a inexistência de diferenças significativas para peso de mil grãos se deu em função da plasticidade fenotípica da cultura da soja.

Tabela 5. Valores da análise de correlação entre as variáveis, produtividade (PROD), peso de mil grãos (PMG), número de vagens totais (NVT), alturas de plantas inicial (API), final (APF) e de inserção da primeira vagem (AIV) e população (POP) do experimento de bioestimulante na cultura da soja. Montividiu (GO), 2014/15

	PROD	PMG	NVT	API	APF
PMG	0,28*	-			
NVT	0,08	-0,06			
API	0,07	-0,23*	-0,07		
APF	0,09	0,05	0,22	0,39**	
AIV	0,13	0,05	-0,36**	0,16	0,29**
POP	0,08	0,10	-0,08	-0,14	-0,22*

**; * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Dessa forma, pode-se afirmar que os bioestimulantes tem a capacidade de produzir respostas morfofisiológicas na planta de soja, além disso é possível utilizá-los em associação com o glyphosate, devendo atentar para o estágio de aplicação mais adequado.

4 CONCLUSÕES

O MC Extra[®] proporcionou incrementos em produtividade em relação aos outros bioestimulantes testados quando aplicado no estágio vegetativo. Quando associado ao glyphosate o MC Extra[®] foi o bioestimulante que proporcionou maior incrementos em produtividade.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ÁVILA, M.R.; ALBRECHT, A.J.P.; RICCI, T.T. Manejo de biorregulador nos componentes de produção e desempenho das plantas de soja. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 6, p. 865-876, 2011.

BECKIE, H.J. Herbicide-resistant weed management: focus on glyphosate. **Pest Management Science**, v. 67, n. 9, p. 1037-1048, 2011.

BUENO, A.; MOREIRA, A.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; CARVALHO, C.; GAZZONI, D.; MARCELINO-GUIMARÃES, F.C.; NEUMAIER, N. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil 2014**. Londrina-PR: EMBRAPA/CNPQSO, 2014.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.; GHENO, E.A.; BIFFE, D.F.; BRAZ, G.B.P.; WEBER, F.; TAKANO, H.K. Prevention of yield losses caused by glyphosate in soybeans with biostimulant. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 18, p. 1601-1607, 2016.

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

FERREIRA, M.E.F.; PITELLI, R.A.; BASILE, E.A.G.; TIMOSSI, P.C. Seletividade de herbicidas pós-emergentes aplicados na soja geneticamente modificada. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 345-352, 2009.

IRELAND, R.J. **Amino acid and ureide biosynthesis**. In: DENNIS, D.T.; TURPLIN, D.H.; LEFEBRE, D.D.; LAYZELL, D.B. (Ed). *Plant metabolism*. London: Longman, 1997. p. 478-494.

MAGALHAES FILHO, R.; RIOS DO AMARAL, L.; FÁVERO SÃO PEDRO MACHADO, D.; MEDINA, C.L.; CARUSO, M.E. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira 'Valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 75-82, 2008.

MACKINNON, S.L.; HILTZ, D.; UGARTE, R.; CRAFT, C.A. Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. **Journal of Applied Phycology**, v. 22, n. 4, p. 489-494, 2010.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Soja**, 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 10 de julho de 2018.

MIROSHNICHENKO, I.M.; MAKOVEYCHUK, T.I.; MYKHALSKA, L.M.; SCHWARTAU, V.V. Changes in the elemental composition of winter wheat plants caused by the action of Megafol and retardants. **Regulatory Mechanisms in Biosystems**, v. 8, n. 3, p. 403-409, 2017.

POVERO, G.; MEJIA, J.F.; DI TOMMASO, D.; PIAGGESI, A.; WARRIOR, P. A systematic approach to discover and characterize natural plant biostimulants. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 435, 2016.

SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; REIS, M.R.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T.; FREITAS, M.A.M. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 165-171, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017, p. 888.

VAN OOSTEN, M.J.; PEPE, O.; PASCALE, S.; SILLETTI, S.; MAGGIO, A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 5, 2017.

VANDENKOORNHUYSE, P.; QUAISER, A.; DUHAMEL, M.; LE VAN, A.; DUFRESNE, A. The importance of the microbiome of the plant holobiont. **New Phytologist**, v. 206, n. 4, p. 1196-1206, 2015.

VAN PIETERSE, C.M.J.; WEES, S.C.M.; VAN HOFFLAND, E.; PELT, J.A.; VAN LOON, L.C. Systemic resistance in Arabidopsis induced by biocontrol bacteria independent of salicylic acid accumulation and pathogenesis related gene expression. **The Plant Cell**, v. 8, n. 8, p. 1225-1237, 1996.

ZABLOTOWICZ, R.M.; REDDY K.N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Crop Prot**, v. 26, n. 3, p. 370-376, 2007.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; HUBER, D.M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; DE OLIVEIRA, A. Glyphosate reduces shoot concentration of mineral nutrients in glyphosateresistant soybeans. **Plant and Soil**, v. 328, n. 1, p. 57-69, 2010.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; ROMAGNOLI, L.M. Acúmulo de nutrientes em soja convencional e soja RR em diferentes tipos de controle de planta daninha. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 75-85, 2012.

CAPÍTULO II

DESEMPENHO DE SOJA RR[®] SUBMETIDA A DOSES DE MC EXTRA ASSOCIADO A FORMULAÇÕES DE GLYPHOSATE

RESUMO

O glyphosate é a principal ferramenta no controle de plantas daninhas na soja, entretanto existem diferentes sais e formulações disponíveis no mercado, e podem influenciar o nível de fitointoxicação ocasionado na cultura. Neste contexto as doses de bioestimulante, possivelmente, irão proporcionar diferentes níveis de respostas das atividades metabólicas da planta. Mediante ao exposto, objetivo do trabalho foi o de avaliar o efeito de doses do bioestimulante MC Extra associado as formulações de glyphosate nas características agronômicas da cultura da soja. Dessa forma dois experimentos foram instalados nas safras 2015/16 e 2016/17, conduzidos no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Na primeira safra foi adotado o arranjo fatorial $3 \times 7 + 1$ sendo o primeiro fator correspondente às doses do bioestimulante (0,35; 0,70 e 1,00 kg ha⁻¹) e o segundo a seis formulações de glyphosate e ausência do herbicida, acrescido de um tratamento adicional sem aplicação do herbicida e do bioestimulante. O segundo experimento foi instalado em arranjo fatorial 4×7 , sendo primeiro fator composto por quatro doses do bioestimulante (0,00; 0,35; 0,70 e 1,00 kg ha⁻¹) e o segundo as formulações de glyphosate, acrescido da ausência do herbicida. Em ambos os experimentos foi padronizada a dose de 900 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate. Os resultados permitiram concluir que as doses do bioestimulante proporcionaram acréscimos em produtividade, número de grãos por planta e nas alturas de inserção de vagem e de plantas. Contudo a produtividade e peso de mil grãos tiveram comportamento dependente da ação das doses associada a formulação do herbicida.

Palavras-chave: Características agronômicas, extrato de algas, *Glycine max*, herbicidas, produtividade.

ABSTRACT

SOYBEAN PERFORMANCE RR ® SUBJECTED TO EXTRA MC DOSES ASSOCIATED WITH GLYPHOSATE FORMULATIONS

Glyphosate is the main tool in the control of weeds in soybeans, however there are different salts and formulations available in the market, and can influence the level of phyto intoxication occasioned in the culture. In this context the doses of biostimulating possibly will provide different levels of responses from the metabolic activities of the plant. Through the above, the objective of this work was to evaluate the effect of doses of the Extra MC biostimulator associated the formulations of glyphosate in the agronomic characteristics of soybean culture. In this way two experiments were carried out in the 2015/16 and 2016/17 crops, conducted in the delineation of random blocks with four replications. In the first harvest, the 3X7 + 1 factorial arrangement was adopted as the first factor corresponding to the doses of the biostimulant (0.35; 0.70 and 1.00 kg ha⁻¹) and the second to six formulations of glyphosate and absence of the herbicide, plus an additional treatment without Herbicide and biostimulating application. The second experiment was installed in 4x7 factorial arrangement, being the first factor consisting of four doses of the biostimulant (0.00; 0.35; 0.70 and 1.00 kg ha⁻¹) and the second formulations of glyphosate, plus the absence of the herbicide. In both experiments was standardized the dose of 900 g e. A. Ha⁻¹ from glyphosate. The results made it possible to conclude that the biostimulator doses provided increases in productivity, number of grains per plant and at the time of insertion of pod and plants. However, the productivity and weight of a thousand grains had behavior dependent on the action of the doses associated with the herbicide formulation.

Key words: Agronomic features, algae extract, Glycine max, herbicides, productivity.

1 INTRODUÇÃO

Amplamente explorada no mundo, a cultura da soja alcançou aproximadamente 351 milhões de toneladas produzidas em 2016/17 (USDA, 2017). Dentre os fatores que contribuíram com esta realidade destaca-se a implementação da tecnologia RR[®] (VELINI et al., 2012; BOMTEMPO, 2016). Isto foi possível pela introdução de gene codificador da enzima EPSP sintase (VELINI et al., 2012), estirpe CP4 da *Agrobacterium* sp., a qual apresenta capacidade de metabolizar as moléculas do herbicida glyphosate. Entretanto a adição do gene que confere a resistência ao herbicida pode alterar processos fisiológicos da planta (COBB e READE, 2010; CARVALHO, 2013).

Nos primórdios da utilização de glyphosate em cultivares de soja RR[®], foi relatada a ocorrência do amarelecimento das folhas após a aplicação do herbicida, que pode ser consequência da imobilização de Fe, Zn, Cu e Mn pelo glyphosate (ZOBIOLE et al., 2012). Por ser uma molécula zwitterion, o glyphosate possui alta afinidade com cátions bi e tri valentes, imobilizando estes elementos (BOTT et al., 2008; JOHAL e HUBER, 2009; VRIES et al., 2011; BINSFELD et al., 2014).

Além disso, o processo de biodegradação da molécula de glyphosate resulta na produção e acúmulo de ácido aminometilfosfônico (AMPA) (COBB e READE, 2010). Este composto reduz o acúmulo de biomassa das plantas, além de reduzir dos teores de clorofila (ZABLOTOWICZ e REDDY, 2006; MACKINNON et al., 2010; VRIES et al., 2011; MEROTTO et al., 2015). Isto reduz a taxa fotossintética da planta, diminuindo o acúmulo de carboidratos, e pode gerar redução de produtividade da cultura da soja.

Outro agravante ao potencial fitotóxico dos herbicidas glyphosate são as diferentes formulações disponíveis. Atualmente, encontram-se no mercado o sal de isopropilamina (Roundup Ready[®]; Roundup Transorb[®]; Glyphotal TR[®] e Roundup Original[®]), sal de amônio (Roundup WG[®]) e sal potássico (Zapp Qi[®]) além da existência de produto comerciais com a mistura de mais de um sal de glyphosate (Crucial[®]). Em função da matéria-prima utilizada, para produção do herbicida, são definidos os inertes para garantir a solubilidade e estabilidade física do ingrediente ativo na mistura. Dessa forma, os adjuvantes, presentes na formulação, podem causar modificações no comportamento da molécula em mistura com outros produtos, na superfície foliar e na permeabilidade da membrana (VIEIRA et al., 2018). Este fato irá influenciar na penetração da molécula na cutícula e na absorção pelas células. Por isto, são

observados comportamentos diferenciados das formulações em relação a fitointoxicação provocada na cultura.

Com o intuito de prevenir os possíveis prejuízos pela aplicação de glyphosate e suas formulações, tem-se proposto a utilização de bioestimulante derivado da alga *Ascophyllum nodosum*. Esta alga é rica em compostos orgânicos (HODGES et al., 2009; CRAIGIE, 2011; WALLY et al., 2013; SHARMA et al., 2014) que possuem funções nutricionais e ativação enzimática, além de promover a potencialização dos sinais químicos (SHARMA et al., 2012). Segundo Merotto et al. (2015), aplicações superiores a 1.440 g e. a ha⁻¹ de glyphosate proporcionaram reduções na produtividade da cultura da soja, em que a aplicação de fertilizantes foliares não foi suficiente para minimizar estes efeitos. Por outro lado, Zobiole et al. (2012) verificaram que o uso exógeno de compostos à base de aminoácidos reduziu as injúrias causadas pelo glyphosate em soja RR[®] cultivada em solo argiloso.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito das doses do bioestimulante MC Extra[®] associado a formulações do herbicida em características agronômicas da cultura da soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos a campo, nas safras 2015/16 e 2016/17, no município de Montividiu-GO nas coordenadas 17°31'04.5" S; 51°12'55.8" W e 17°31'19,64"S; 51°13'22,43"W a 894 m de altitude, respectivamente, em solo cultivado no sistema de plantio direto. Os dados de precipitação e temperatura média do ar durante a condução dos experimentos estão apresentados na Figura 2.

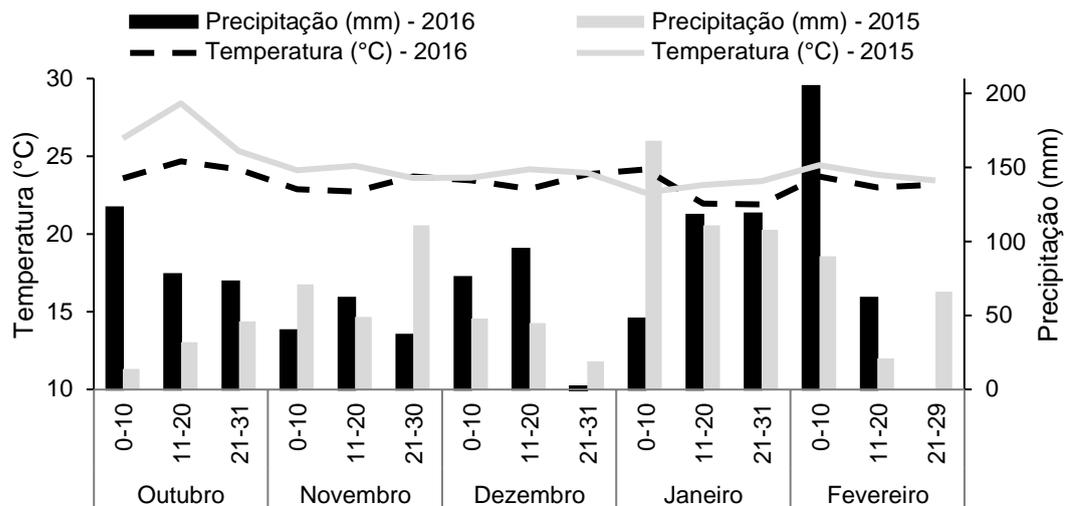


Figura 2. Valores médios de precipitação (mm) e de temperatura média do ar (°C) durante a condução dos experimentos. Montividiu (GO), 2015/16 e 2016/17.

As amostras de solo da área experimental foram coletadas da camada de 0-20 cm de profundidade. Na safra 2015/16, as características físico-químicas foram: pH em CaCl₂: 5,3; Ca, Mg, K, Al, H + Al, soma de bases e CTC: 3,0; 0,7; 0,3; 0,1; 4,0; 4,0; 8,0 em cmol_c dm⁻³, P 3,6 mg dm⁻³, matéria orgânica: 30,1 g kg⁻¹; saturação por alumínio: 2,4 %, saturação por bases: 50,5%, areia, silte e argila (%): 61; 7; 32. Na safra 2016/17 foram: pH em CaCl₂: 4,5; Ca, Mg, K, Al, H + Al, soma de bases e CTC: 1,2; 0,26; 0,23; 0,22; 3,56; 1,59; 5,25 em cmol_c dm⁻³, P 4,9 mg dm⁻³, matéria orgânica: 37,0 g kg⁻¹; saturação por alumínio: 11,5%, saturação por bases: 32,2%, areia, silte e argila (%): 60; 8; 32.

O delineamento utilizado, em ambos os experimentos, foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Na safra 2015/16, o experimento foi instalado no arranjo fatorial 3x7+1 sendo os níveis do primeiro fator as doses do bioestimulante (0,35; 0,70 e 1,00 kg p.c. ha⁻¹) e os níveis do segundo fator as seis formulações de glyphosate (Tabela 6) acrescido do tratamento sem o uso do herbicida. O tratamento adicional foi constituído da ausência da aplicação de herbicida e do bioestimulante. Já no segundo ano, o experimento foi instalado em arranjo fatorial 4x7, sendo que os níveis do primeiro fator foram quatro doses do bioestimulante (0,00; 0,35; 0,70 e 1,00 kg p.c. ha⁻¹) e do segundo fator as seis formulações de glyphosate, acrescido do tratamento sem o herbicida.

Tabela 6. Características das formulações de glyphosate utilizadas nos experimentos. Montividiu-GO, 2015/16 e 2016/17

Formulações	Fonte do sal	Conc.	Formulação ^{1/}	Fabricante
Glyphotal®	Isopropilamina	648	SL	UPL
Roundup® Original®	Isopropilamina	480	SL	Monsanto
Roundup® Ready®	Isopropilamina	648	SL	Monsanto
Roundup® WG®	Amônio	792,5	WG	Monsanto
Roundup® Transorb®	Potássio	580	SL	Monsanto
Zapp QI®	Potássio	620	SL	Syngenta

^{1/}SL: concentrado solúvel; WG: granulado dispersível. MAPA, 2014

O bioestimulante utilizado foi o MC Extra® (Carbono orgânico: 200 g L⁻¹, N: 10 g L⁻¹, K₂O: 200 g L⁻¹), derivado da alga *A. nodosum*, pois foi o bioestimulante que proporcionou incrementos nas características agrônomicas da soja, associado a glyphosate no capítulo I deste trabalho. Em ambos os experimentos foi padronizada a aplicação de 900 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate em função de ser o recomendado para o controle das plantas daninhas (MAPA, 2018). Os tratamentos foram compostos pela aplicação conjunta de glyphosate e bioestimulante, na mesma calda de aplicação.

As unidades experimentais continham seis linhas de 5m de comprimento, espaçadas de 0,5 m. A área útil foi obtida levando em consideração as duas linhas centrais, desconsiderando 0,5 m de cada extremidade, apresentando, portanto 4 m².

Em ambos experimentos, a adubação foi realizada a lanço, um mês antes da semeadura da cultura, com o uso de 510 e 375 kg ha⁻¹ de superfosfato simples para as safras 15/16 e 16/17, respectivamente, além de 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, para ambas as safras. Na safra 2016/17, baixo teor de magnésio no solo, foi realizada uma aplicação adicional de 220 kg ha⁻¹ de sulfato de magnésio. A dessecação de manejo, antecedendo a semeadura da soja, foi realizada com aplicação de glyphosate 900 g e.a. ha⁻¹.

A semeadura da soja foi realizada em 29 de outubro de 2015 e 21 de outubro de 2016, respectivamente, utilizando 18 sementes por metro linear em ambas as safras. Foi empregada a cultivar TMG 7062 IPRO® caracterizada por apresentar hábito de crescimento semideterminado, ciclo precoce, flor branca e pubescência cinza, e de grupo de maturação 6,2 para a microrregião de realização do experimento. Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com os recomendados para a cultura, procedendo ao controle de pragas e doenças sem deixar que estes influenciassem no desenvolvimento e a produtividade da soja. Os tratamentos sem a aplicação do herbicida foram submetidos a capina manual para evitar a concorrência das plantas daninhas.

Na safra 2015/16 foi detectada maior incidência de plantas daninhas, com destaque ao milho voluntário e trapoeraba. Assim, o manejo de dessecação não foi suficiente para suprimir a interferência da comunidade infestante na cultura da soja. Mediante ao exposto, aos 23 dias após a emergência (DAE) foi realizada aplicação de glyphosate em pós-emergência na dose de 1.160 g e.a. ha⁻¹.

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal pressurizado por CO₂, munido de barra com seis pontas tipo TT 110-02, leque duplo e volume de calda equivalente a 150 L ha⁻¹ quando regulado a 2,5 kgf cm⁻². Após os recipientes estarem abastecidos com água, foi adicionado o herbicida. As datas e as condições climáticas durante as aplicações estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Condições climáticas nas respectivas épocas de aplicação dos tratamentos. Montividiu-GO, 2015/16 e 2016/17.

	Safra 2015/16	Safra 2016/17
Estádio	V ₇	V ₄
Data	04/12/2015	19/11/2016
Horário da aplicação	14:15	15:35
Velocidade vento	3,9	1,0
T°C	33,3	27,8
Umidade relativa	56,0	51,8

Aos 10 dias após aplicação dos tratamentos (DAA), aos 41 e 34 DAE para as safras 2015/16 e 2016/17, foi realizada a avaliação de vigor na área útil da parcela pela observação visual do desenvolvimento das plantas. Foi empregado escala de notas de 1 a 5, feitas por três avaliadores, sendo 1: muito inferior; 2: inferior; 3: igual; 4: superior; e 5: muito superior em relação ao tratamento sem herbicida e sem bioestimulante, em ambas as safras.

As colheitas foram realizadas em 11 de fevereiro de 2016 e 16 de fevereiro de 2017 (98 e 110 DAE) respectivamente, com realização das seguintes avaliações na área útil das parcelas: produtividade de grãos (colheita das plantas com debulha das vagens e pesagem dos grãos com correção da umidade para 13%); peso de mil grãos (pesagem de mil grãos a partir da amostra de produtividade, com correção da umidade para 13%); número de grãos por planta (contagem do número de grãos em cinco plantas da parcela); população de plantas (contagem do número de plantas), altura de plantas (medindo-se do colo até a extremidade da inserção do último trifólio completamente desenvolvido em cinco plantas escolhidas aleatoriamente) e inserção da primeira vagem (medição do colo até a inserção da primeira vagem em cinco plantas escolhidas aleatoriamente).

Os dados de ambas as safras foram submetidos a análise de variância. Quando constatada significância para determinada variável, empregou-se o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) e análise de regressão para comparação das médias referentes as formulações de glyphosate e doses do bioestimulante, respectivamente. Determinou-se ainda o coeficiente de correlação de Pearson a 5% de probabilidade para verificar a dependência entre as variáveis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As formulações do glyphosate não proporcionaram efeitos negativos na produtividade da cultura em ambas as safras (Tabela 8). Em contrapartida, em 2015/16 foi evidenciado que somente com doses superiores a $0,62 \text{ kg ha}^{-1}$ de bioestimulante poderia haver acréscimos na produtividade (Figura 3). Entretanto, neste ano houve uma aplicação adicional, em área total, de glyphosate com 1.160 g ha^{-1} 7 dias antes da aplicação dos tratamentos para manejo de milho tiguera e da trapoeraba. Dessa forma a testemunha recebeu $1.160 \text{ g e. a ha}^{-1}$ e os tratamentos $1.960 \text{ g e. a ha}^{-1}$ de glyphosate.

Tabela 8. Resumo da análise de variância das características produtividade (PROD), peso de mil grãos (PMG), número de grãos por planta (NGP), população (POP) e alturas de plantas (AP) e inserção da primeira vagem (AIV) e vigor (VIG) do experimento de aplicação do Bioestimulante MC Extra associado às formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu -GO, Safras 2015/16 e 2016/17

FV	G	PROD	PMG	NGP	POP	APF	AIV	VIG
Safrá Agrícola 2015/16								
Dose (D)	2	**	ns	**	ns	Ns	**	ns
Formulações (F)	6	ns	ns	ns	ns	**	**	**
D x F	1	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
Fat x Testemunha	1	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
CV (%)	--	5,6	4,8	8,7	7,2	6,1	17,9	13,3
Safrá Agrícola 2016/17								
Dose (D)	3	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
Formulações (F)	6	ns	ns	ns	*	Ns	ns	ns
D x F	1	**	*	ns	ns	**	ns	ns
CV (%)	--	6,5	2,7	12,5	9,6	4,7	7,0	21,0

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; T - Controle; *, **, ns: Significativo a 1 e a 5% e não significativo, respectivamente pelo teste F.

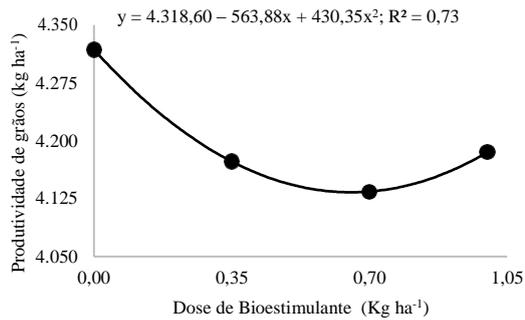


Figura 3. Valores de produtividade de grãos em função do aumento das doses de Bioestimulante com diferentes formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu (GO), 2015/16.

É sabido que em doses superiores a 1.440 g ha⁻¹ de glyphosate, mesmo com a aplicação de bioestimulante contendo aminoácidos, pode ocasionar redução da fluorescência da clorofila (MEROTTO et al., 2015). Isto compromete o acúmulo de metabólitos e o crescimento das plantas, ocasionando reduções de produtividade (MEROTTO et al., 2015). Possivelmente, este seja o fato que justifica o decréscimo da produtividade da soja até a dose de 0,62 kg ha⁻¹ do bioestimulante. Acima deste valor os componentes do bioestimulante começam a demonstrar seu potencial reparador. Entretanto, em função da alta dosagem de glyphosate o ponto de equilíbrio seria atingido com maiores doses do bioestimulante, do que aquelas testadas no experimento.

Já na safra agrícola 2016/17, pode-se verificar o efeito sinérgico do bioestimulante associado as formulações de glyphosate em promover incrementos na produtividade da cultura da soja (Tabela 9). Nesta condição a maior dose do bioestimulante com as formulações de glyphosate Roundup Original[®], Roundup Ready[®], Glyphotal[®], Roundup Transorb[®] e Zapp QI[®] proporcionaram produtividades superiores ao tratamento sem herbicida.

Tabela 9. Valores médios de produtividade de grãos (PROD) e peso de mil grãos (PMG) do experimento da aplicação do Bioestimulante MC Extra com formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu - GO, Safras 2015/16 e 2016/17

Formulações de glyphosate	--- Doses MC Extra (kg ha ⁻¹) ---				Médias
	0,0	0,35	0,70	1,00	
--- Produtividade (kg ha ⁻¹) ---					
2015/16					
Roundup Original	--	4.239	3.927	4.210	4.169
Roundup Ready	--	4.354	4.179	4.288	4.281
Glyphotal	--	4.167	4.073	4.114	4.164
Roundup Transorb	--	4.157	3.886	3.939	4.071
Roundup WG	--	4.117	4.151	4.235	4.201
Zapp QI	--	4.288	4.179	4.235	4.251
Sem glyphosate	--	4.260	4.145	4.419	4.281
Testemunha			4.301		
Médias	--	4.226	4.077	4.206	4.203
2016/17					
Roundup Original	4.428 a	4.657 a	4.860 a	5.124 a	4.767
Roundup Ready	4.666 a	4.288 a	4.647 a	4.819 a	4.605
Glyphotal	4.674 a	4.789 a	5.107 a	4.870 a	4.860
Roundup Transorb	5.039 a	4.739 a	4.456 a	5.111 a	4.836
Roundup WG	4.768 a	4.781 a	4.711 a	4.416 b	4.669
Zapp QI	4.852 a	4.679 a	4.454 a	4.802 a	4.697
Sem glyphosate	4.747 a	4.933 a	4.755 a	4.618 b	4.763
Médias	4.739	4.695	4.713	4.823	4.742
--- PMG (g) ---					
2015/16					
Roundup Original	---	188	186	192	189
Roundup Ready	---	190	190	191	190
Glyphotal	---	183	192	188	188
Roundup Transorb	---	187	184	190	188
Roundup WG	---	186	189	198	191
Zapp QI	---	188	189	189	189
Sem glyphosate	---	190	203	190	193
Testemunha			191		
Médias	---	188	190	191	190
2016/17					
Roundup Original	197 a	195 a	203 a	200 a	198
Roundup Ready	195 a	198 a	197 a	196 b	196
Glyphotal	197 a	188 a	199 a	203 a	197
Roundup Transorb	201 a	192 a	192 a	200 a	196
Roundup WG	197 a	193 a	198 a	193 b	195
Zapp QI	197 a	198 a	194 a	191 b	195
Sem glyphosate	201 a	199 a	195 a	196 b	198
Médias	198	195	197	197	197

* Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Acréscimo de produtividade não foi verificado com a formulação de Roundup WG®. Esta formulação apresenta distribuição homogênea de ingrediente ativo e maior concentração nos grânulos, proporcionando melhor distribuição na superfície foliar. Dessa forma, as características inerentes a formulação possivelmente conferiu maior eficiência na penetração e absorção da molécula do herbicida. Este fato proporcionou maior ação fitotóxica do ingrediente ativo, tornando o bioestimulante ineficiente em reverter os efeitos deletérios da formulação Roundup WG®.

Diferente do ocorrido na primeira safra agrícola, em 2016/17, as doses do bioestimulante proporcionaram acréscimos lineares da produtividade quando associado ao Roundup Original® (Figura 4). Para a formulação Roundup Transorb®, incrementos em produtividade seriam obtidos com doses superiores 0,51 kg ha⁻¹, sendo que valores superiores a ausência do bioestimulante seriam obtidos a partir de 0,99 kg ha⁻¹ (Figura 4).

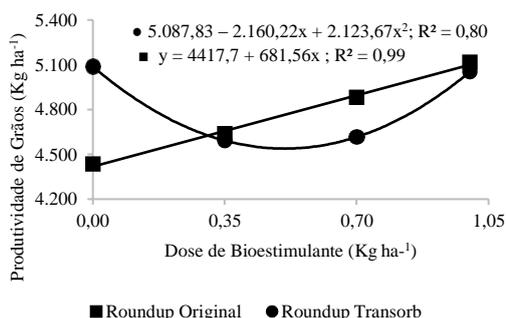


Figura 4. Valores de produtividade em função das formulações de glyphosate com diferentes doses de bioestimulante na cultura da soja. Montividiu (GO), 2016/17.

As diferentes respostas da produtividade em função das formulações de glyphosate podem ser justificadas, pois após a deposição da calda na superfície foliar inicia-se uma rápida penetração do herbicida por meio da cutícula, entretanto, após a saturação dos espaços intercelulares verifica-se redução da penetração cuticular. À medida que o glyphosate é absorvido pelas células da epiderme, a velocidade de penetração volta a aumentar (CARVALHO, 2013; PETTER et al., 2016). Entretanto, a duração de cada uma dessas fases e as modificações provocadas na superfície foliar irá depender do sal contido na formulação do herbicida, concentração em equivalente ácido e os inertes presentes na composição (PINTO et al., 2016). Isto explica a importância da formulação em contribuir com o rompimento da camada cerosa da folha e com extravasamento de eletrólitos pela membrana após a aplicação (PINTO et al., 2016; PETTER et al., 2016), em aumentar a ação fitotóxica do glyphosate.

Na safra 2015/16 não foi constatada diferenças para peso de mil grãos (Tabela 8). Entretanto, as aplicações ocorreram em plantas com sete trifólios completamente desenvolvidos, estando a soja próxima ao estágio reprodutivo, a qual recebera uma aplicação adicional de glyphosate uma semana antes dos tratamentos. Possivelmente, o glyphosate pode ter causado imobilização de elementos ativadores enzimáticos como o Cu, Fe, Zn e Mn (COBB e READE, 2010; ZOBIOLE et al., 2012). Isto pode ter comprometido o enchimento dos grãos. Assim, em função da aplicação de glyphosate próximo a floração, o bioestimulante não foi eficiente em reparar os efeitos nocivos do glyphosate.

Já na safra agrícola 2016/17, o peso dos grãos foi influenciado pela ação conjunta da dose do bioestimulante e pela formulação do herbicida (Tabela 8). Os maiores valores foram obtidos com a maior dose de bioestimulante associado as formulações Roundup Original[®], Glyphotal[®] e Roundup Transorb[®] (Tabela 9). O aumento nos valores desta variável contribuiu para aumentos na produtividade de grãos para as formulações Roundup Original[®] e Transorb[®]. Para o Glyphotal[®] e Roundup Transorb[®], grãos com maior peso foram obtidos em aplicação conjunta das doses 0,34 e 0,52 kg ha⁻¹ de bioestimulante, respectivamente (Figura 5).

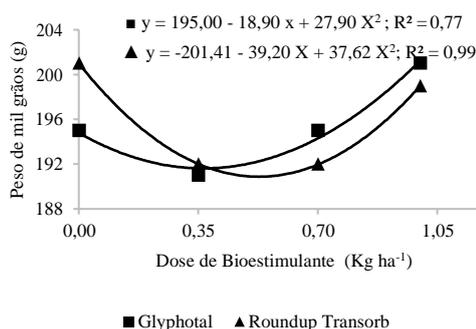


Figura 5. Valores de peso e mil grãos em função das formulações de glyphosate com diferentes doses de bioestimulante na cultura da soja. Montividiu (GO), 2016/17.

O número de grãos por planta foi influenciado pelas doses do bioestimulante apenas na safra agrícola 2015/16 (Tabela 8). Neste caso, incrementos para a características seriam observados com doses superiores a 0,79 kg ha⁻¹ de bioestimulante (Figura 6). Estes resultados foram semelhantes aos observados para produtividade de grãos, como discutido anteriormente.

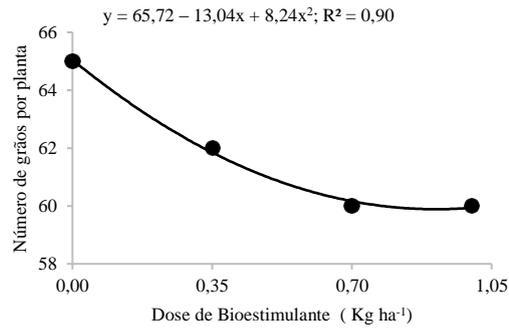


Figura 6. Valores de número de grãos por planta em função do aumento das doses de Bioestimulante com diferentes formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu (GO), 2015/16.

É importante destacar que o número de grãos por planta da safra 2016/17 foi 41% superior ao da safra 2015/16 (Tabela 10), corroborando com a diferença de produtividade observada entre as safras (Tabela 9). Todavia esta diferença é explicada pela menor população de plantas na safra 2016/17. A diferença na população de plantas entre os experimentos é atribuída ao baixo vigor das sementes e fatores ambientais que podem ter influenciado na emergência e estabelecimento das plantas. Este comportamento corrobora com o observado por Procópio et al., (2013) que testando diferentes densidades de semeadura em cultivar de soja com hábito de crescimento indeterminado verificaram que o aumento da população de plantas proporcionou menor número de grãos por planta.

Tabela 10. Valores médios de número de grãos por planta (NGP) e população final de plantas (POP) do experimento da aplicação do Bioestimulante MC Extra com formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu -GO, Safras 2015/16 e 2016/17

Formulações de glyphosate	--- Doses MC Extra (kg ha ⁻¹) ---				Médias
	0,0	0,35	0,70	1,00	
--- NGP ---					
2015/16					
Roundup Original	---	63,3	59,4	63,1	62,8
Roundup Ready	---	61,5	61,9	60,1	62,3
Glyphotal	---	63,2	60,0	62,7	62,9
Roundup Transorb	---	62,4	58,1	56,9	60,7
Roundup WG	---	61,7	61,4	59,6	62,0
Zapp QI	---	63,7	62,9	62,6	63,6
Sem glyphosate	---	64,9	54,4	63,8	62,2
Testemunha			65,4		
Médias	---	63,0	59,7	61,2	62,3
2016/17					
Roundup Original	101,7	107,0	106,3	104,3	104,6
Roundup Ready	108,0	108,6	117,5	99,8	108,5
Glyphotal	110,7	113,7	115,0	98,1	109,4
Roundup Transorb	105,8	97,2	107,5	111,9	105,6
Roundup WG	101,4	116,1	92,5	93,3	100,8
Zapp QI	111,0	93,3	92,9	102,1	101,9
Sem Glyphosate	113,2	109,9	110,2	103,9	109,3
Médias	107,3	107,3	106,0	101,9	105,6
--- POP (pl ha ⁻¹) ---					
2015/16					
Roundup Original	---	356.875	356.250	348.750	351.718
Roundup Ready	---	373.750	356.875	373.125	362.187
Glyphotal	---	360.000	352.500	353.750	352.812
Roundup Transorb	---	356.250	363.125	363.125	356.875
Roundup WG	---	359.375	358.125	366.875	357.343
Zapp QI	---	358.125	351.250	358.750	353.281
Sem glyphosate	---	347.500	386.875	366.250	361.406
Testemunha			345.000		
Médias	---	358.839	360.714	361.517	356.517
2016/17					
Roundup Original	223.750	223.750	228.125	246.875	230.625 b
Roundup Ready	222.500	201.875	206.875	246.875	219.531 b
Glyphotal	218.750	225.625	225.625	245.625	228.906 b
Roundup Transorb	236.875	254.375	221.250	235.625	237.031 a
Roundup WG	239.375	218.750	256.875	246.250	240.312 a
Zapp QI	221.875	241.250	247.500	248.125	239.687 a
Sem glyphosate	208.750	226.250	224.375	227.500	221.718 b
Médias	224.554	227.411	230.089	242.411	231.116

* Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na safra 2015/16, a maior altura de plantas foi obtida com as formulações Zapp QI[®], Roundup WG[®], Roundup Original[®], Roundup Ready[®]. Na segunda safra, a maior dose do bioestimulante proporcionou acréscimos lineares da altura das plantas quando aplicado com Zapp QI[®] (Figura 7). Além disso, esta formulação em conjunto com Roundup Ready[®] associada a dose de 0,35 kg ha⁻¹ proporcionaram menores alturas de planta em relação as demais formulações e à testemunha.

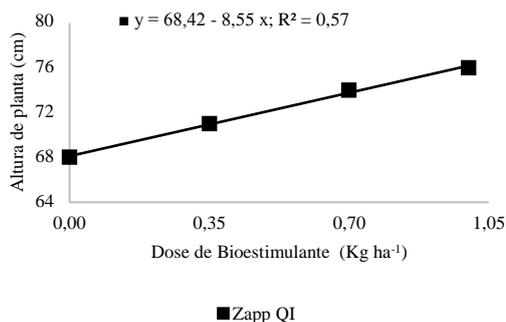


Figura 7. Valores de altura de planta em função das formulações de glyphosate com diferentes doses de bioestimulante na cultura da soja. Montividiu (GO), 2016/17.

A altura de plantas é bastante influenciada pelas aplicações de glyphosate devido a inibição da enzima EPSPS sintase, responsável por catalisar a condensação do ácido chiquímico. A inibição da EPSPS compromete a síntese de triptofano, que por sua vez é precursor da síntese do AIA, responsável pela divisão e multiplicação celular, limitando o crescimento das plantas (CARVALHO, 2013; TAIZ et al., 2017). Além disso, o glyphosate proporciona inibição das bactérias fixadoras de N, causando redução no efeito simbiótico e fixação do elemento (PROCÓPIO et al., 2013). Este efeito ficou mais evidente com as formulações do Roundup Transorb[®] e Glyphotal[®], na safra 2015/16, apresentando a menor altura de plantas quando comparado a testemunha independentemente da utilização ou não do bioestimulante.

Com a redução do crescimento das plantas de soja, outras funções como biossíntese de clorofila, taxa fotossintética e transporte de fotoassimilados podem ser comprometidas, impactando diretamente nos componentes de produtividade de grãos da soja (BOTT et al., 2008). Ainda, pode-se observar na safra 2015/16 que as doses do bioestimulante proporcionaram acréscimos lineares para altura de inserção da primeira vagem (Figura 3C). Maiores alturas de inserção de vagem e vigor foram observadas para as formulações Roundup Ready[®] e Zapp QI[®] acrescido do Roundup Original[®] para altura de plantas, como observado para a testemunha (Tabela 11 e 12). Por outro lado, as formulações de Glyphotal[®] e Roundup Transorb[®] ocasionaram os menores valores para altura de plantas, inserção de vagem e vigor, confirmando o potencial dos demais componentes da formulação em potencializar o efeito nocivo destas formulações em questão (Tabela 12).

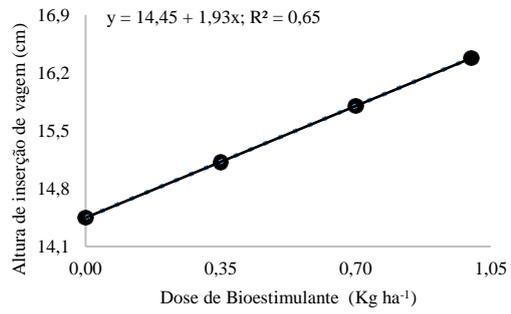


Figura 8. Valores de alturas de inserção de vagem em função do aumento das doses de Bioestimulante com diferentes formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu (GO), 2015/16.

Tabela 11. Valores médios de e altura de plantas (AP) e de altura de inserção da primeira vagem (AIV) do experimento da aplicação do Bioestimulante MC Extra com formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu -GO, Safras 2015/16 e 2016/17

Formulações de glyphosate	--- Doses MC Extra (kg ha ⁻¹) ---				Médias
	0,0	0,35	0,70	1,00	
--- AP (cm)---					
2015/16					
Roundup Original	---	83,4	84,7	82,3	83,7 a
Roundup Ready	---	82,1	82,8	84,3	83,1 a
Glyphotal	---	76,5	77,9	75,7	78,4 b
Roundup Transorb	---	76,2	76,1	73,9	77,4 b
Roundup WG	---	82,6	80,6	82,9	82,4 a
Zapp QI	---	83,9	85,6	84,5	84,4 a
Sem glyphosate	---	83,1	82,6	83,8	83,3 a
Testemunha			83,4		
Médias	---	81,2	81,5	81,1	81,8
2016/17					
Roundup Original	73,4 a	75,5 a	76,5 a	72,4 b	73,7
Roundup Ready	71,0 a	66,5 b	74,6 a	73,1 b	70,9
Glyphotal	70,8 a	70,4 a	69,1 a	73,2 b	71,0
Roundup Transorb	73,1 a	72,6 a	73,2 a	70,6b	72,4
Roundup WG	71,6 a	72,5 a	71,5 a	72,7 b	72,0
Zapp QI	71,1 a	66,8 b	75,3 a	77,9 a	73,0
Sem glyphosate	74,4 a	74,1 a	74,2 a	70,1 b	73,2
Médias	72,2	70,7	72,3	72,9	72,3
--- AIV (cm) ---					
2015/16					
Roundup Original	---	16,7	14,5	15,7	15,2 b
Roundup Ready	---	17,9	17,2	16,2	15,3 a
Glyphotal	---	14,9	15,4	15,8	15,0 b
Roundup Transorb	---	15,6	13,4	13,7	14,2 b
Roundup WG	---	16,2	15,2	15,4	15,2 b
Zapp QI	---	15,8	17,8	22,2	17,5 a
Sem glyphosate	---	14,7	15,4	14,5	14,6 b
Testemunha			13,9		
Médias	---	16,0	15,6	16,2	15,4
2016/17					
Roundup Original	11,2	11,9	11,1	12,1	11,6
Roundup Ready	12,4	10,9	11,0	11,2	11,3
Glyphotal	11,2	10,7	11,4	12,1	11,4
Roundup Transorb	11,6	11,0	10,8	11,2	11,1
Roundup WG	11,4	10,6	11,1	11,4	11,1
Zapp QI	11,8	11,7	10,8	10,9	11,3
Sem glyphosate	12,0	11,5	11,9	11,8	11,8
Médias	11,6	11,2	11,1	11,5	11,4

* Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 12. Valores médios e vigor (VIG) do experimento da aplicação do Bioestimulante MC Extra com formulações de glyphosate na cultura da soja. Montividiu -GO, Safras 2015/16 e 2016/17

Formulações de glyphosate	--- Doses MC Extra (kg ha ⁻¹) ---				Médias
	0,0	0,35	0,70	1,00	
---VIG---					
2015/16					
Roundup Original	---	3,6	3,6	3,2	3,3 a
Roundup Ready	---	3,5	3,0	3,4	3,2 a
Glyphotal	---	2,7	3,1	2,9	2,9 b
Roundup Transorb	---	2,6	2,6	2,5	2,7 b
Roundup WG	---	2,8	3,2	2,8	2,9 b
Zapp QI	---	3,5	3,4	3,7	3,4 a
Sem glyphosate		3,3	3,2	2,9	3,1 a
Testemunha			3,0		
Médias	---	3,1	3,2	3,0	3,1
2016/17					
Roundup Original	3,3	3,6	2,9	3,1	3,2
Roundup Ready	3,1	2,9	3,0	3,3	3,1
Glyphotal	3,0	3,2	2,8	4,0	3,3
Roundup Transorb	3,1	3,3	3,0	2,3	2,9
Roundup WG	2,2	3,3	2,7	2,3	2,6
Zapp QI	3,0	2,5	3,4	3,0	3,0
Sem glyphosate	3,0	3,6	3,4	3,1	3,3
Médias	3,0	3,2	3,0	3,0	3,0

* Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

É importante frisar que as aplicações ocorreram quando as plantas de soja se encontravam com sete e quatro trifólios completamente desenvolvidos nas safras 2015/16 e 2016/17, respectivamente. Isto leva a crer que o quanto antes em relação ao florescimento da soja for a aplicação do MC Extra[®], o efeito reparador do bioestimulante poderá ser mais evidente. Isto proporciona condições à estimulação das atividades enzimáticas e do maior estímulo ao crescimento do sistema radicular, além de proporcionar maior área de absorção de água e nutrientes. (VRIES et al., 2011; MARTYNENKO et al., 2016).

Dessa forma, quanto menor o efeito fitotóxico da formulação, maior será a síntese de metabolitos secundários, e conseqüentemente maior o porte e a produção de fotoassimilados pela planta. Isto favorece o transporte de fotoassimilados para os grãos, favorecendo por sua vez a obtenção de maior peso dos grãos. Conseqüentemente, esta variável contribui para a obtenção de maiores produtividades, como constatado pela correlação significativa e positiva (Tabela 13).

Tabela 13. Correlação de Pearson das variáveis produtividade (PROD), peso de mil grãos (PMG), número de grãos por planta (NGP), população (POP) e alturas de plantas (AP) e inserção da primeira vagem (AIV) e vigor (VIG) do experimento da aplicação do Bioestimulante MC Extra com formulações de Glyphosate na cultura da soja. Montividiu (GO), 2015/16 e 2016/17

Características	APF	AIV	POP	NGP	PMG	PROD
Safr 2015/16						
VIG	0,41 **	0,11	-0,01	0,07	0,03	0,15
APF		0,09	-0,06	0,07	0,08	0,14
AIV			0,02	0,01	-0,15	-0,06
POP				-0,80**	0,27**	0,07
NGP					-0,33**	0,39**
PMG						0,45**
Safr 2016/17						
VIG	0,14	-0,12	0,11	-0,14	0,04	-0,00
APF		-0,15	0,13	-0,07	-0,06	0,04
AIV			0,00	0,01	0,08	0,07
POP				-0,82*	-0,14	0,06
NGP					0,33	0,44**
PMG						0,25**

** * : Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t

Mediante ao exposto, constata-se que o aumento de doses do bioestimulante MC Extra[®] tem potencial de mitigar os efeitos fitotóxicos gerados pelas formulações Roundup Original[®], Transorb[®], Ready[®], e Glyphotal[®], proporcionando maior sucesso com o cultivo de soja.

4 CONCLUSÕES

A dose de 1,00 kg ha⁻¹ de MC Extra com as formulações Roundup Original[®], Roundup Ready[®] e Roundup Transorb[®], juntamente com 0,70 kg ha⁻¹ com Glyphotal[®] foram as mais promissoras para o cultivo da soja. O bioestimulante MC Extra não proporcionou benefícios em uso conjunto com as formulações Roundup WG[®] e Zapp Qi[®]. A cultivar TMG 7062 IPRO[®] respondeu em aumentos de produtividade de grãos na dose de 0,35 kg ha⁻¹, porém quando adicionado o herbicida, há a necessidade de aumento das doses do bioestimulante para obtenção de maiores produtividades.

REFERÊNCIAS

BINSFELD, J.A.; PICCININ BARBIERI, A.P.; HUTH, C.; CERVO CABRERA, I.; MERTZ HENNING, L.M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 88-94, 2014.

BOMTEMPO, A.F.; ALVES, F.M.; CARNEIRO, G.D.O.P.; MACHADO, L.G.; SILVA, L.O. D.; AQUINO, L.A. Influência de bioestimulantes e nutrientes na emergência e no crescimento inicial de feijão, soja e milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 1, p. 86-93, 2016.

BOTT, S.; TESFAMARIAM, T.; CANDAN, H.; CAKMAK, I.; ROMHELD, V.; NEUMANN, G. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Plant Soil**, v. 312, n. 1, p. 185-194, 2008.

CARVALHO, L.B. **Herbicidas**. Lages: Editado pelo autor, p. 62, 2013.

COBB, A.H.; READE, J.P.H. **Herbicides and plant physiology**. 2^a. ed. London: Wiley-Blackwell, 2010. 296 p.

CRAIGIE, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, n. 3, p. 371–393, 2011.

HODGES, D.M.; CRITCHLEY, A.T.; CRAIGIE, J.S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 4, p. 386–399, 2009.

JOHAL, G.S.; HUBER, D.M. Glyphosate effects on diseases of plants. **European Journal of Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 144-152, 2009.

MACKINNON, S.L.; HILTZ, D.; UGARTE, R.; CRAFT, C.A. Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. **Journal of Applied Phycology**, v. 22, n. 4, p. 489-494, 2010.

MARTYNENKO, A.; SHOTTON, K.; ASTATKIE, T.; PETRASH, G.; FOWLER, C.; NEILY, W.; CRITCHLEY, A. T. Thermal imaging of soybean response to drought stress: the effect of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract. **Springer Plus**, v. 5, n. 1, p. 1393, 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Soja**, 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 10 de julho de 2018.

MEROTTO, A.; WAGNER, J.; MENEGUZZI, C. Effects of Glyphosate and foliar application of micronutrients in transgenic soybean. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 499-508, 2015.

PETTER, F.A.; ZUFFO, A.M.; ALCÂNTARA NETO, F.; PACHECO, L.P.; ALMEIDA, F.A.; ANDRADE, F.R.; JÚNIOR, J.M.Z. Effect of glyphosate and water stress on plant morphology and nutrient accumulation in soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 2, p. 251, 2016.

PINTO, C.C.; OLIVEIRA, C.O.; AMÉRICO, G.H.; VAZQUEZ, G.H.; LAZARINI, E. Effect of dosage and times of application of glyphosate on yield and qualitative in soybean RR. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 310-317, 2016.

PROCÓPIO, S.O.; JUNIOR, A.A.B.; DEBIASI, H.; SANTOS, J.C.F.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013.

SHARMA, H.S.S.; FLEMING, C.; SELBY, C.; RAO, J.R.; MARTIN, T. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of Applied Phycology**, v. 26, n. 1, p. 465–490, 2014.

SHARMA, S.H.S.; LYONS, G.; MCROBERTS, C.; MCCALL, D.; CARMICHAEL, E.; ANDREWS, F.; SWAN, R.; MCCORMACK, R.; MELLON, R. Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigna mungo* L.) and pak choi (*Brassica rapa* ssp. *chinensis* L.). **Journal of Applied Phycology**, v. 24, n. 5, p. 1081–1091, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017, p. 888.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Soybeans: World Supply and Distribution 2017**. Disponível em: <apps.fas.usda.gov/psdonline/>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2018.

VRIES, B.D.; FEHR, W.R. Impact of the event for glyphosate tolerance on agronomic and seed traits of soybean. **Crop science**, v. 51, n. 3, p. 1023-1027, 2011.

WALLY, O.S.D.; CRITCHLEY, A.T.; HILTZ, D.; CRAIGIE, J.S.; HAN, X.; ZAHARIA, L.I.; ABRAMS, S.R.; PRITHIVIRAJ, B. Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in *Arabidopsis* following treatment with commercial extract from the marine macroalga *Ascophyllum nodosum*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 32, n. 2, p. 324–339, 2013.

VIEIRA, B.C.; ALVES, G.S.; CARVALHO, F.K.; DA CUNHA, J.P.A.; ANTUNIASSI, U. R.; KRUGER, G.R. Influence of Airspeed and Adjuvants on Droplet Size Distribution in Aerial Applications of Glyphosate. **Applied engineering in agriculture**, v. 34, n. 3, p. 507-513, 2018.

VELINI, E.D.; CARBONARI, C.A.; MESCHEDE, D.K.; TRINDADE, M.L.B. **Glyphosate uso sustentável**. Botucatu: FEPAF, 2012. p.185- 202.

ZABLOTOWICZ, R.M.; WEAVER, M.A.; LOCKE, M.A. Microbial adaptation for accelerated atrazine mineralization degradation in Mississippi Delta soils. **Weed Science**, v.54, n.3, p.538–547. 2006.

ZOBIOLE, L.H.S., KREMER, R.J., CONSTANTIN, J. Glyphosate effects on photosynthesis, nutrient accumulation, and nodulation in glyphosate-resistant soybean. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 175, n. 2, p. 319-330, 2012.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; KREMER, R.J.; BIFFE, D.F. Amino acid application can be an alternative to prevent glyphosate injury in glyphosate-resistant soybeans. **Journal of plant nutrition**, v. 35, n. 2, p. 268-287, 2012.

CONCLUSÃO FINAL

O glyphosate possui potencial nocivo nas características agronômicas da cultura da soja. No entanto, os bioestimulantes apresentam-se como uma estratégia em mitigar o estresse fisiológico causado pelo herbicida. Dentre os bioestimulantes avaliados, o MC Extra incrementou a produtividade quando aplicado nos estádios iniciais de desenvolvimento, já com o MC Cream este incremento ocorreu quando aplicado no reprodutivo da cultura da soja. No entanto para a aplicação em conjunto com o herbicida o MC Extra proporcionou melhores respostas dos componentes de produtividade.

A ação fitotóxica do herbicida pode variar de acordo com a formulação utilizada, proporcionando diferentes respostas das características agronômicas da cultura da soja. Dessa forma a formulação e o tipo de sal utilizado irá influenciar no efeito do bioestimulante.

Portanto, foi possível observar que os bioestimulantes derivados do *Ascophyllum nodosum* podem proporcionar efeito reparador nas plantas quando submetidas ao estresse ocasionado por glyphosate.