TEOR DE PROTEÍNAS EM SEMENTES DE SOJA PRODUZIDAS EM SOLOS DE VÁRZEA COM O USO DE BIOREGULADOR

Sandro Oliveira, Cristiano Dietrech Ferreira, Elisa Souza Lemes, Jerffeson Araujo Cavalcante, Géri Eduardo Meneghello, Edinilson Henrique Neves

Universidade Federal de Pelotas - UFPEL, RS. E-mail: jerffeson_agronomo@hotmail.com

RESUMO

Objetivou-se avaliar o teor de proteínas em sementes de soja produzidas em solos de várzea a partir da aplicação de biorregulador via tratamento de sementes e aplicação foliar. O trabalho foi dividido em dois experimentos, tratamento de sementes (Experimento I) e aplicação foliar (Experimento II) com diferentes doses de Stimulate®, sendo utilizado duas cultivares de soja (BMX Potência RR e Fundacep 64 RR,) e delineamento experimental inteiramente casualizado para ambos os experimentos. Para o tratamento de sementes foi utilizado as doses de 0; 250; 500; 750 e 1000 mL 100 kg sementes^{-1}, já para a aplicação foliar utilizou-se as doses de 0; 187,5; 375,0; 652,5 e 750,0 mL ha^{-1}, sendo os experimentos conduzidos no campo e em vasos na safra agrícola de 2013/2014. Os experimentos foram conduzidos até a fase de maturação de campo, sendo realizado a colheita das sementes e, posteriormente, determinado o teor de proteína total e solúvel. As doses de biorregulador aplicadas no tratamento das sementes, até a maior dose aplicada, proporcionam aumentos no teor de proteína bruta das sementes produzidas em vasos da cultivar BMX Potência RR. Quando produzidas em campo, as doses de biorregulador, via tratamento de sementes e aplicação foliar, não promovem diferença significativa no teor de proteína das sementes. Ainda se constatou acréscimos no teor de proteína total na cultivar Fundacep 64 RR, e redução no teor de proteína solúvel na cultivar BMX Potência RR com uso de biorregulador, independentemente do modo de aplicação.
Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill; tratamento de sementes; aplicação foliar; composição química.

PROTEIN CONTENT IN SOYBEAN SEEDS PRODUCED IN VARIOUS SOILS WITH THE USE OF BIOREGULATOR

ABSTRACT

This study aimed to evaluatethe protein content in soybean seeds produced in lowland soil from plant growth regulator applied via seed coating and leaf spraying. The study was divided into two experiments: Seeds coating (Experiment I) and leaf spraying (Experiment II) with different Stimulate® doses. Two soybean cultivars were used (BMX Potência RR and Fundacep 64 RR) and the experimental model used was a completely randomized design. For the seed coating, the doses used was 0; 250; 500; 750 e 1000 mL 100 kg seeds^{-1}, and for the leaf spraying was 0; 187.5; 375.0; 652.5 e 750.0 mL ha^{-1}. The experiments were carried out during the 2013/2014 season at experimental field and pots. In the maturity period was performed the seed harvest, afterward determined the total and soluble protein content. The bioregulator doses applied in seed treatment, up to the highest dose, increase the crude protein content of seeds produced in pots of BMX Potência RR cv. When produced in the experimental field, doses of bioregulator in seed treatment and leaf spraying do not promote difference in the protein content of the seeds. Increases were observed in the total protein content in Fundacep 64 RR cultivar, and reduction in soluble protein content in BMX Potência RR with the use of bioregulator, regardless of the mode of application.
Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill; seed coating; leaf spraying; chemical composition.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a soja é uma cultura de extrema importância socioeconômica, gerando uma grande quantidade de empregos diretos e indiretos, na qual promove o desenvolvimento de diversas regiões do país. De acordo com a safra 2017/2018, o Brasil destacou-se como o segundo maior produtor mundial de grãos de soja, ficando

atrás somente dos Estados Unidos, com uma produção de aproximadamente 119 milhões de toneladas. Na safra 2018/2019, estima-se uma produção aproximada de 120 milhões de toneladas (CONAB, 2018).

Contudo, para alcançar resultados dessa magnitude, é necessário usar de boas práticas agrícolas, utilizar sementes de alta qualidade, bem como fazer uso de novas tecnologias para incrementar o rendimento dos cultivos, como é o caso dos biorreguladores do crescimento vegetal. Com a modernização da agricultura, vários avanços nas técnicas de cultivo têm sido obtidos, visando atenuar os fatores limitantes da produção.

Os bioestimulantes têm apresentado crescente uso como técnica agronômica para melhorar a produtividade de diversas culturas. Os hormônios contidos nos bioestimulantes são moléculas sinalizadoras, naturalmente presentes nas plantas em concentrações pequenas, sendo responsáveis por efeitos marcantes no desenvolvimento vegetal (TAIZ et al., 2017). No entanto, complexas interações que ocorrem entre as sementes em formação e a planta mãe tornam difícil a identificação de quais hormônios vegetais estão envolvidos na formação das sementes e no acúmulo de proteínas. De acordo com Delarmelino-Ferraresi et al. (2014) os teores de proteína e óleo inferem uma relação entre composição química e a qualidade fisiológica de sementes de soja.

O conhecimento da composição química é de interesse para a tecnologia de sementes, pois influi tanto no vigor quanto no potencial de armazenamento das mesmas. Quanto maior o teor de reservas das sementes, maior será o vigor das plântulas originadas (ROSSETTO et al., 1994). Esta composição varia entre espécies, cultivares e depende das condições do ambiente em que é produzida (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos dos biorreguladores em plantas cultivadas em solos de várzea, os quais frequentemente sofrem alagamento, como é o caso da Região Sul do Rio Grande do Sul, onde a agricultura está em plena extensão. Segundo Ludwig et al. (2015) é crescente o uso para a agricultura, locais com possibilidade de alagamento do solo, sendo principalmente ocupada pela cultura da soja, já que esta é uma das alternativas importantes dentro do sistema de produção do arroz irrigado, permitindo assim, a realização de rotação de cultura.

Vários trabalhos destacam a aplicabilidade e uso dos biorreguladores ou reguladores vegetais em culturas como a do feijão, algodão e soja (PERIN et al., 2016, DOURADO NETO et al., 2014, ALBRECHT et al., 2009). Mas, a forma pela qual são aplicados esses produtos à base de hormônios vegetais ainda precisa ser estudado, seja ele aplicado no tratamento de sementes, bem como via foliar na fase vegetativa. Desta forma, objetivou-se avaliar o teor de proteínas em sementes de soja produzidas em solos de várzea a partir da aplicação de Stimulate® via tratamento de sementes e aplicação foliar.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos (tratamento de sementes e aplicação foliar) na safra agrícola de 2013/2014, desenvolvidos em campo e em vasos. O trabalho de campo foi conduzido na unidade de pesquisa Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, localizado no município de Capão de Leão-RS. Já o experimento em vaso, foi realizado na Área Experimental e Didática e no Laboratório Didático de Análise de Sementes, ambos pertencentes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Para os dois experimentos utilizou-se sementes das cultivares de soja BMX Potência RR (hábito de crescimento indeterminado e grupo de maturação 6.7) e Fundacep 64 RR (hábito de crescimento determinado e grupo de maturação 6.9), ambas da categoria C1 e apresentando porcentagem inicial de germinação de 86 e 88%, respectivamente.

Em ambos os experimentos foi realizado a aplicação do produto comercial Stimulate® via tratamento de sementes e aplicação foliar. Previamente a instalação, as sementes de ambas as cultivares foram tratadas com 250 mL 100 kg sementes^{-1} do fungicida Vitavax-Thiram 200 SC (Carbendazim 150 g L^{-1} e Tiram 350 g L^{-1}) e, durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, foram realizadas aplicações de fungicida (Priori Extra, 400 mL ha^{-1}) e inseticidas (Belt 100 mL ha^{-1}, Engeo Pleno 300 mL ha^{-1} e premio 200 mL ha^{-1}), com uma aplicação no início do florescimento (R1) e uma no enchimento de grãos (R5).

No trabalho de campo, a semeadura foi realizada mecanicamente com uma semeadora de parcelas, utilizando uma população de 280000

planta ha^{-1} para as duas cultivares, sobre um Planossolo Háplico Eutrófico solódico (STRECK et al., 2008). As parcelas experimentais foram constituídas de quatro linhas com cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,50 metros entre si. A área útil de cada parcela constituiu-se de duas linhas centrais eliminando-se 0,50 metros das extremidades, sendo o restante considerado como bordadura. Durante todo o ciclo da cultura foi realizado o manejo, de acordo com as recomendações técnicas da cultura, conduzindo o experimento até a fase de maturação de campo, sendo então realizada a colheita das sementes na fase de maturação de campo.

Para o trabalho desenvolvido em vasos, foi realizado a semeadura das sementes em vasos plásticos com capacidade 0,02 m^3, os quais foram preenchidos com solo peneirado, coletado do horizonte A1 de um Planossolo Háplico Eutrófico solódico (STRECK et al., 2008), pertencente à unidade de mapeamento Pelotas, sendo que os mesmos permaneceram espaçados a 0,2 m um do outro. A adubação foi realizada de acordo com os resultados da análise de solo e recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), sendo utilizado como adubação de base apenas nitrogênio, fósforo e potássio, com aplicação 14 dias antes e a calagem realizada trinta dias antes da semeadura.

Foram semeadas 10 sementes por unidade experimental, sendo realizado o desbaste do excesso de plantas 10 dias após a emergência, deixando apenas 3 plantas por vaso, as quais permaneceram até a colheita das sementes.

Desta forma, o trabalho foi dividido em dois experimentos:

Experimento I (Tratamento de Sementes)

Foi caracterizado pela aplicação de Stimulate® via tratamento de sementes tanto para os trabalhos conduzidos em campo como em vaso, nas doses de 0, 250, 500, 750 e 1000 mL 100 kg $sementes^{-1}$, seguindo metodologia sugerida por Nunes (2005), que consiste num método manual de tratamento em sacos plásticos (3L), nos quais foram depositadas as devidas doses de biorregulador, sendo completado o volume de calda com água, perfazendo um total de 1000 mL 100 kg de $sementes^{-1}$. Os produtos foram aplicados diretamente no fundo de um saco plástico e espalhados até uma altura de aproximadamente 15 cm, sendo as sementes acondicionadas diretamente no interior do saco, agitando-as por 3 minutos. Posteriormente ao tratamento, os sacos plásticos foram abertos permitindo que as sementes secassem a temperatura ambiente, por um período de 24 horas.

Experimento II (Aplicação foliar)

Foi realizado a aplicação foliar de Stimulate® nas doses de 0; 187,5; 375,0; 652,5 e 750,0 mL ha^{-1}, sendo efetuado duas aplicações do biorregulador nos estádios fenológicos V3 e R1, aplicado com auxílio de um pulverizador costal. Os tratamentos foram aplicados tanto nos trabalhos conduzidos em campo como em vaso.

Durante todo o ciclo da cultura foi realizado o manejo, de acordo com as recomendações técnicas da cultura, conduzindo o experimento até a fase de maturação de campo, sendo então realizada a colheita das sementes e determinado as seguintes variáveis:

Proteína bruta: as amostras foram moídas a fim de se obter tamanho de partículas apropriado para as análises de proteína bruta pelo método de Kjeldahl (N x 5,95), realizada de acordo com a técnica descrita pela AOAC (2006). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Proteína solúvel: foi determinado segundo método descrito por Liu et al. (1992), com modificações. Onde amostras de 2 g de grãos moídos receberam 50 mL de água destilada, sendo, posteriormente, homogeneizadas com o auxílio de agitador magnético durante uma hora. Após esse período, as amostras foram centrifugadas a 5300 g durante 20 minutos a 24 °C de temperatura em centrifuga *Eppendorf Centrifuge 5430R*. Uma alíquota de 1 mL do sobrenadante foi coletada e a determinação da solubilidade proteica foi determinada conforme o método descrito pela AOAC (2006). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Foi utilizado delineamento experimental de blocos casualizado para o experimento em campo e inteiramente casualizado para o experimento em vaso, sendo ambos os experimentos (I e II) delineados em esquema bifatorial, com 2 x 6 (2 cultivares e 6 doses de Stimulate®) para o experimento com tratamento de sementes e 2 x 5 (2 cultivares e 5 doses de Stimulate®) para o experimento com aplicação foliar, sendo adotado quatro repetições para cada experimento. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativo, foi realizado comparação de médias para o fator qualitativo e regressão polinomial

para o fator quantitativo. Havendo interação significativa foram realizados os devidos desdobramentos. Para a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística Winstat versão 1.0 (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I

Para o teor de proteína bruta e proteína solúvel das sementes produzidas em campo, em função do tratamento de sementes com diferentes doses de biorregulador observou-se interação entre os fatores estudados, para ambas variáveis analisadas. Na tabela 1, encontra-se o teor de proteína bruta em função das cultivares de soja estudadas, onde observou-se que apenas na dose zero a cultivar Fundacep 64 RR foi superior a cultivar BMX Potência RR, sendo observado o comportamento oposto quando aplicou-se a dose de 250 mL 100 kg sementes^{-1}, na qual ocorreu superioridade da cultivar BMX Potência RR em relação a cultivar Fundacep 64 RR. Nas demais doses não constou-se diferença significativa entre as cultivares.

A proteína presente nos grãos é um produto nobre, possuindo muitas aplicabilidades, podendo ser utilizada tanto na alimentação humana como de animais, além de servir como matéria prima para produção de vários produtos e, desta forma, encontrar alternativas de manejo que incrementem o seu teor no grão é altamente desejado, pelo fato de estar agregando qualitativamente os cultivos.

Para o teor de proteína solúvel, observou-se que apenas na dose zero não houve diferença entre as cultivares. Sendo a cultivar Fundacep 64 RR superior a cultivar BMX Potência RR somente na dose de 750 mL 100 kg sementes^{-1}, nas demais doses constatou-se superioridade da cultivar BMX Potência RR. Conjecturando sobre tratamento de sementes, fica constatado que o tratamento com o biorregulador nas plantas em condições de campo foi eficiente na cultivar BMX Potência RR em relação a cultivar Fundacep 64 RR, no sentido de aumentar o conteúdo de proteína total e solúvel das sementes (Tabela 1). As diferenças no acúmulo de proteínas entre as cultivares, pode estar associado principalmente ao fator genótipo, pelo ambiente e ou pela interação deles (Albrecht et al., 2008). Sendo o resultado dessa interação passível de ser modificada por manejos agrotecnológicos (ALBRECHT et al., 2008; MARCOS FILHO, 2015).

Tabela 1. Teor de proteína bruta e proteína solúvel de sementes de soja das cultivares BMX Potência RR e Fundacep 64 RR, produzidas em campo, em função do tratamento das sementes com doses de biorregulador, na safra 2013/2014.

Dose**	Proteína Total (%)		Proteína Solúvel (%)	
	Pot.	Fun.	Pot.	Fun.
0	40,4 b*	41,6 a	56,8 a	57,2 a
250	42,9 a	41,6 b	54,0 a	53,3 b
500	39,9 a	40,3 a	64,8 a	58,0 b
750	40,0 a	40,4 a	57,1 b	58,8 a
1000	40,3 a	41,0 a	60,3 a	58,5 b
Média	40,7	41,0	58,6	57,2
C.V. (%)	1,7		0,6	

*Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). **Dose de biorregulador (mL 100 kg de sementes^{-1}). Pot.: BMX Potência RR; Fun.: Fundacep 64 RR.

Se tratando do teor de proteína bruta e proteína solúvel oriundas de sementes produzidas em vaso, posteriormente ao tratamento das sementes com biorregulador, pôde-se observar interação significativa entre os fatores, doses e cultivares, para ambas variáveis analisadas.

Desta forma, observou-se que apenas na dose zero as cultivares não diferiram entre si quando avaliou-se o teor de proteína bruta, sendo que, para as demais doses, a cultivar BMX Potência RR foi significativamente superior a cultivar Fundacep 64 RR (Tabela 2). Comportamento semelhante pode ser observado para a proteína solúvel, onde a cultivar BMX Potência RR apresentou maiores teores de proteína solúvel que a cultivar Fundacep 64 RR, exceto na dose de 250 ml 100 kg sementes^{-1}, na qual a cultivar Fundacep 64 RR mostrou-se superior. Nesse contexto, as cultivares

mostraram diferentes respostas na produção de proteínas frente às diferentes doses de biorregulador utilizadas neste trabalho.

As diferenças observadas no teor de proteína entre as cultivares podem estar relacionadas com as diferenças genéticas de ambas. Para tanto, de acordo com Ávila et al. (2007), em princípio, os teores de óleo e proteínas das sementes de soja são determinados geneticamente. Porém, são fortemente influenciados pelo ambiente, principalmente durante o período de enchimento dos grãos. Assim, cada cultivar pode responder de maneira diferente às condições em que são submetidas durante seu ciclo, podendo ou não responder a um determinado tratamento, sendo assim, a aplicação de doses de biorregulador via tratamento de sementes, pode ter proporcionado maiores teores de proteínas na cultivar BMX Potência RR.

Tabela 2. Teor de proteína bruta e proteína solúvel de sementes de soja das cultivares BMX Potência RR e Fundacep 64 RR, produzidas em vasos, em função do tratamento das sementes com doses de biorregulador.

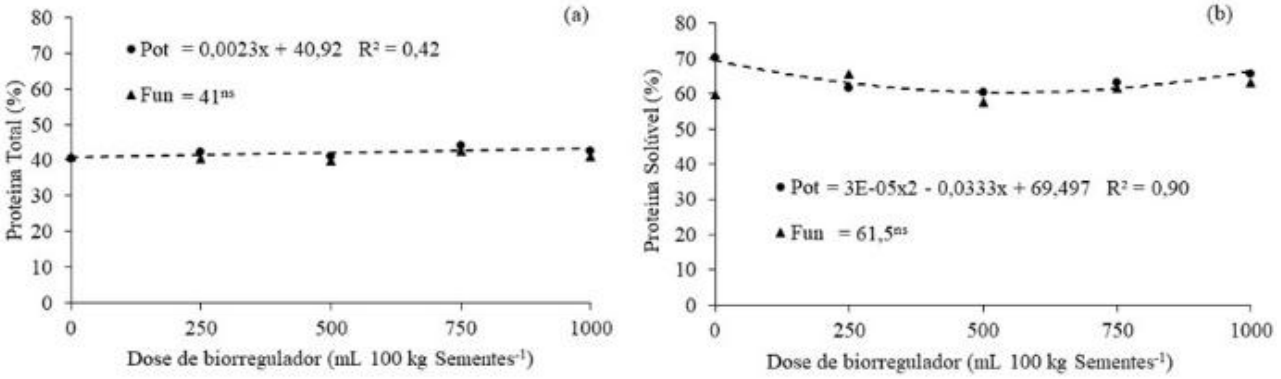
Dose**	Proteína Total (%)		Proteína Solúvel (%)	
	Pot.	Fun.	Pot.	Fun.
0	40,5 a*	41,2 a	70,3 a	59,7 b
250	42,3 a	40,4 b	61,5 b	65,5 a
500	41,0 a	39,7 b	60,4 a	57,5 b
750	44,0 a	42,7 b	63,1 a	61,6 b
1000	42,5 a	41,0 b	65,7 a	63,2 b
Média	42,1	41,0	64,2	61,5
C.V (%)	1,3		0,8	

*Médias seguidas por mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). **Dose de biorregulador (mL 100 kg de sementes^{-1}). Pot.: BMX Potência RR; Fun.: Fundacep 64 RR.

Na Figura 1, constatou-se que, tanto para o teor de proteína bruta como para a proteína solúvel, os resultados referentes a cultivar Fundacep 66 RR não se adequaram a nenhum modelo matemático testado. Já a cultivar BMX Potência RR, quando foi avaliado o teor de proteína total, os resultados adequaram-se a um modelo linear crescente, com acréscimos no teor de proteína conforme aumentou-se a dose do biorregulador, obtendo na maior dose um incremento superior de 2,3 pontos percentuais em relação a menor dose. Este aumento no teor de proteína total pode estar relacionado à capacidade de os hormônios promoverem a divisão e alongamento celular e, consequentemente, influenciar no crescimento e acúmulo de reserva nas sementes. Além disso, pode induzir a síntese proteica, já que Van Huizen et al. (1996) observaram que a síntese de proteínas em sementes de ervilha foi detectada dentro de seis horas após a aplicação de auxinas e giberelinas.

Por sua vez, os teores de proteína solúvel apresentaram decréscimos até a dose 555 mL 100 kg sementes^{-1}, com posterior acréscimo em torno de 7% até a dose de 1000 mL 100 kg sementes^{-1} (Figura 1). Segundo Albrecht et al. (2012) o uso de biorreguladores em soja pode proporcionar incrementos na produtividade até determinadas doses, podendo alterar os teores de óleo e de proteínas, com possibilidade de incremento do conteúdo proteico. Já para Nascimento e Mosquim (2004) os hormônios vegetais atuam sobre o crescimento das sementes, podendo estimular a síntese proteica em sementes de soja, entretanto seus efeitos dependem das quantidades presentes nos tecidos e das interações que podem ocorrer entre eles. Associado a isso, pode ainda ser citados os fatores genéticos e ambientais, que podem influenciar na produtividade e na composição das sementes.

Figura 1. Teor de proteína bruta e proteína solúvel de sementes de soja das cultivares BMX Potência RR e Fundacep 64 RR, produzidas em vasos, em função do tratamento das sementes com doses de biorregulador.



Experimento II

O teor de proteína total e solúvel das sementes produzidas em campo com aplicação de doses de biorregulador, apresentaram interação entre os fatores estudados. Para o teor de proteína, observou-se que nas doses de 187,5 e 375 mL ha^{-1}, as sementes da cultivar BMX Potência RR apresentaram maiores incrementos em relação a cultivar Fundacep 64 RR, enquanto que, nas doses de 562,5 e 750 mL ha^{-1} a cultivar Fundacep 64 RR obteve os maiores valores (Tabela 3).

Com relação ao teor de proteína solúvel, as sementes da cultivar BMX Potência RR apresentaram resultados superiores em todas as doses do biorregulador, exceto na maior dose (750,0 mL ha^{-1}), onde a cultivar Fundacep 64 RR apresentou os maiores teores de proteínas (Tabela 3).

De acordo com Gonçalves et al. (2007), os programas de melhoramento genético têm conseguido a obtenção de uma série de linhagens de soja com elevados teores de proteínas (maiores que 45%), aliado a um alto potencial de produtividade, no entanto, esses materiais quando submetidos a diferentes condições de cultivo, podem apresentar variações no seu conteúdo proteico. Além disso, cada genótipo pode responder de forma diferente as condições de manejo a que são submetidos, apresentando assim, variações nos teores de proteínas, fato estes que podem justificar tais resultados.

Tabela 3. Teor de proteína total e proteína solúvel de sementes de soja das cultivares BMX Potência RR e Fundacep 64 RR, produzidas em campo, em função da aplicação foliar com doses de biorregulador.

Dose**	Proteína Total (%)		Proteína Solúvel (%)	
	Pot.	Fun.	Pot.	Fun.
0	40,9 a*	40,5 a	60,6 a	57,6 b
187,5	42,1 a	39,6 b	59,1 a	52,7 b
375,0	42,9 a	41,0 b	62,5 a	49,7 b
562,5	41,5 b	42,5 a	57,9 a	53,0 b
750,0	39,3 b	41,1 a	58,0 b	61,9 a
Média	41,5	40,9	59,6	55,0
C.V (%)	1,0		0,7	

*Médias seguidas por mesma letra, na linha em cada variável resposta, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). **Dose de biorregulador (mL ha^{-1}).

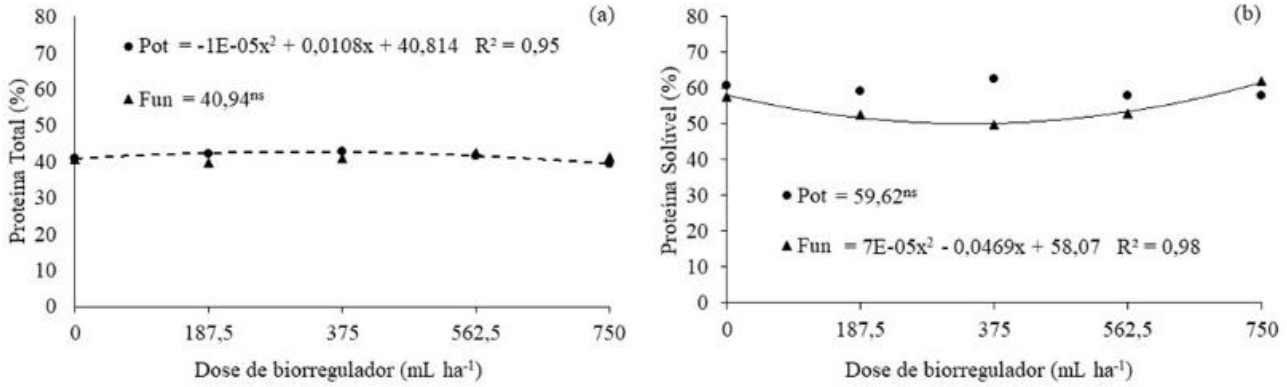
Para o teor de proteína total (Figura 2), pôde-se observar que para as sementes da cultivar BMX Potência RR os valores obtidos se adequaram a o modelo polinomial quadrático positivo, com aumentos no teor de proteína até a dose de 540 mL ha^{-1}, com o teor de proteína total de 43,7%. Já para a cultivar Fundacep 64 RR os resultados não se ajustaram a nenhum modelo matemático testado, apresentando valor médio de 40,94%.

Em relação ao teor de proteína solúvel (Figura 2), constata-se a ocorrência de um comportamento contrário ao obtido para proteína total, sendo os resultados referentes a cultivar BMX Potência RR não se adequaram aos modelos avaliados, enquanto que a cultivar Fundacep 64 RR, ajustou-se ao modelo polinomial negativo, com redução no teor de proteína solúvel até a dose 335 mL ha^{-1}, com posterior acréscimo conforme aumento a dose do biorregulador.

A redução e posterior aumento no teor de proteína pode estar relacionado com o efeito do produto que, dentro da planta, ele é transportado e é responsável por ativar várias reações fisiológicas, sendo, uma delas, a expressão de proteínas da membrana (Almeida et al. 2011). Nesse âmbito, pôr os produtos se tratar de um conjunto de hormônios, o equilíbrio entre eles é fundamental para proporcionar efeitos positivos, sendo este efeito variável com a dose utilizada.

Os reguladores de crescimento possuem papel fundamental na síntese e no acúmulo de substancias de reserva, pois aumentam à absorção e utilização de nutrientes (CASTRO, 2006). Desta forma, uma planta bem nutrida pode aumentar a sua taxa fotossintética, e proporcionar aumentos na produtividade e na qualidade dos cultivos, pois segundo Cox et al. (1986), incrementos no teor de proteína dos grãos podem ser obtidos por meio do aumento da taxa fotossintética ou por maximização da mobilização de reservas para os grãos.

Figura 2. Teor de proteína total (A) e proteína solúvel (B) de sementes de soja das cultivares BMX Potência RR e Fundacep 64 RR, produzidas em campo, em função da aplicação foliar de doses de biorregulador.



Para o teor de proteína total e proteína solúvel constatou-se a ocorrência de interação entre os fatores estudados. Na comparação de médias pode-se observar que para a proteína total a cultivar Fundacep RR foi superior a cultivar BMX Potência RR em todas as doses utilizadas (Tabela 4). Já para a proteína solúvel, a cultivar BMX Potência RR, apresentou os maiores valores, sendo superior a cultivar Fundacep RR em todas as doses do biorregulador aplicada via foliar, quando as plantas se encontravam em estádio de desenvolvimento R1.

Tais resultados estão de acordo com os anteriormente relatados, onde foi observado diferença entre as cultivares para o teor de proteína total e solúvel, fato no qual pode ser justificado na literatura, por esta ser uma característica intrínseca de cada cultivar, portanto, controlada geneticamente, podendo sofrer variações de acordo com o ambiente de cultivo, por consequência, as cultivares apresentarem comportamento distinto (ALBRECHT et al., 2008; ÁVILA et al., 2007; MARCOS FILHO, 2015). Nota-se ainda, que apesar da cultivar Fundacep 64 RR, apresentar melhor respostas às doses de biorregulador, apresentando maior teor de proteína total, para a proteína solúvel a cultivar MBX Potência RR apresenta maior valor, podendo esta variável desta forma, não acompanhar as tendências da proteína total.

Tabela 4. Teor de proteína total e proteína solúvel de sementes de soja das cultivares BMX Potência RR e Fundacep 64 RR, produzidas em vasos, em função da aplicação foliar de doses de biorregulador.

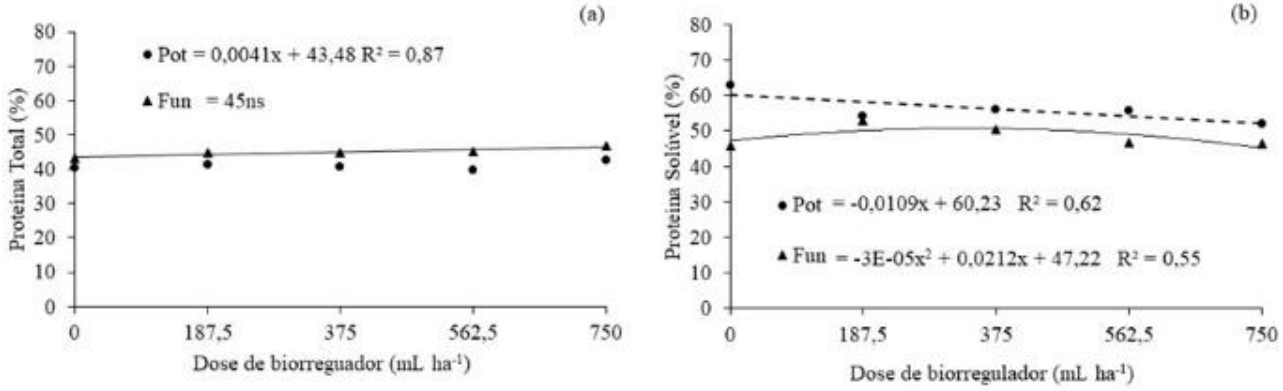
Dose*	Proteína Total (%)		Proteína Solúvel (%)	
	Pot.	Fun.	Pot.	Fun.
0	40,5 b	43,3 a	62,9 a	45,9 b
187,5	41,4 b	44,8 a	54,2 a	52,8 b
375,0	40,6 b	44,8 a	56,1 a	50,4 b
562,5	39,6 b	45,2 a	55,7 a	46,7 b
750,0	42,9 b	46,9 a	51,9 a	46,4 b
Média	41,0	45,0	56,2	48,4
C.V (%)	1,9		1,7	

Médias seguidas por mesma letra, na linha em cada variável resposta, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). *Dose de biorregulador (mL ha^{-1}).

Em relação aos efeitos das doses de biorregulador no teor de proteína total (Figura 3), observa-se que para a cultivar Fundacep RR os resultados ajustaram-se a um modelo linear crescente. Conforme houve aumento da dose do biorregulador, obteve-se, um incremento de 3,1 pontos percentuais na dose máxima quando comparado com a dose zero, representando um acúmulo de 7% a mais no teor de proteína bruta. Por sua vez, os resultados referentes a cultivar BMX Potência RR, não se adequaram a nenhum modelo matemático testado. Infere-se que a ação do biorregulador, por ter ação fisiológica direta, propicie modificações no metabolismo, direcionando as reações no sentido de permitir condições para maior acúmulo de proteínas.

Para o teor de proteína solúvel (Figura 3) observou-se comportamento distinto entre as cultivares, onde, apesar de ter ocorrido redução no teor de proteína solúvel da cultivar BMX Potência RR, está obteve valores superiores a cultivar Fundacep 64 RR. Para a cultivar BMX Potência RR, conforme aumentou-se a dose do biorregulador, ocorreu redução no teor de proteína solúvel de 8,1 pontos percentuais na maior dose, significando uma redução em relação a dose zero de 13,6%. Já para a cultivar Fundacep RR, as doses de biorregulador promoveram incrementos no teor de proteína solúvel até o ponto de máximo, estabelecido pela dose de 353,3 mL ha^{-1}, sendo, a partir desta, o aumento nas doses do biorregulador proporcionaram redução no teor de proteína solúvel.

Figura 3. Teor de proteína total (A) e proteína solúvel (B) de sementes de soja das cultivares BMX Potência RR e Fundacep 64 RR, produzidas em vasos, em função da aplicação foliar de doses de biorregulador.



Vários fatores podem influenciar no teor de proteína total e solúvel nas sementes ou grãos de soja, o qual pode justificar as variações de comportamento das cultivares. Em trabalho realizado com aplicação do biorregulador Stimulate® em soja, utilizando no tratamento de sementes 6 mL kg $sementes^{-1}$, e 2,5 ml L^{-1}, aplicado via foliar nos estádios de desenvolvimento V5, R1 e R5, e ainda, com combinações desses tratamentos mais uma

testemunha sem aplicação do produto, concluíram que o rendimento de grãos, o teor de proteína bruta e o rendimento de proteína bruta não foram influenciados pelo biorregulador, no entanto, o teor e o rendimento de proteína solúvel variaram em função das aplicações do produto, tanto em tratamento de sementes, quanto nas aplicações foliares (BERTOLIN et al., 2008).

Alterações nas concentrações hormonais nos tecidos das plantas podem mediar e modificar uma série de processos durante o desenvolvimento das plantas, sendo que muitos desses processos envolvem interações com os fatores ambientais (CROZIER et al., 2000), podendo desta forma, modificar a composição das sementes, alterando seus constituintes. Outro fator que pode estar relacionado com as variações nos teores de proteína total e solúvel é a correlação negativa, que muitos autores citam entre o rendimento e o teor de proteínas nos grãos (WILCOX; GUODONG, 1997; MELLO FILHO et al., 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As doses de biorregulador, aplicadas no tratamento de sementes, até a maior dose aplicada, proporcionam aumentos no teor de proteína bruta das sementes produzidas em vasos na cultivar BMX Potência RR.

Quando produzidas em campo, as doses de biorregulador, aplicadas via tratamento de sementes e aplicação foliar, não promovem diferença no teor de proteína total das sementes, porém, para o teor de proteína total houve um incremento a partir da dose 335 mL ha^{-1}.

O uso de biorregulador, independentemente do modo de aplicação, promove acréscimo no teor de proteína total na cultivar Fundacep 64 RR e redução no teor de proteína solúvel na cultivar BMX Potência RR.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A.L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; ALBRECHT, A. J. P. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, v.10, n.3, p.191-198, 2009. http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v10i3.14474

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA; M, R.; SUZUKI, L. S.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C. Teores de óleo, proteínas e produtividade de soja em função da antecipação da semeadura na região oeste do Paraná. **Bragantia**, v.67, n.04, p. 865-873, 2008. http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000400008

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.4, p.774-782, 2012. http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902012000400020

ALMEIDA, A. S.; CARVALHO, I.; DEUNER, C.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.3, p. 501-510, 2011. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000300013

AOAC. **Official methods of Analysis**. 18 ed. Washington DC US, 2006.

ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; MANDARINO, J.M.G.; ALBRECHT, L.P.; VIGIDAL FILHO, P. S. Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.111-127, 2007. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000300014

BERTOLIN, D.C.; SÁ, M.E.; HAGA,K.Y.; ABRANTES, F.L.; NOGUEIRA, D.C. Efeito de bioestimulante no teor e no rendimento de proteína de grãos de soja. **Agrarian**, v.1, n.2, p.23-34, 2008.

CASTRO, P.R.C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. Piracicaba, 2006. 46p. (Série produtor rural; n.32)

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. V.6, safra 2018/19, terceiro levantamento, Brasília: Conab, 2018, 127p.

COX, M.C.; QUALSET, C.O.; RAINS, D.W. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. III. Nitrogen translocation in relation to grain yield and protein. **Crop Science**, v.26, p.737-740, 1986. http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183X002600040022x

CROZIER, A.; KAMIYA, Y.; BISHOP, G.; YOKOTA, T. Biosynthesis of hormones and elicitor molecules.

In: BUCHANAN, B.B.; GRISSEN, W.; JONES, R.L. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. American Society of Plant physiologists. Rockiville: Maryland, 2000. p.850-894.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G.J.A.; BARBIERI, A.P.P.; MARTIN, T.N. Ação de bioestimulante no desempenho agronômico de milho e feijão. **Bioscience Journal**, v.30, n.1, p.371-379, 2014.

GONÇALVES, C.A.; SOARES, N.S.; BOLINAS, C.O.; BARROS, E.G. Influência da temperatura no acúmulo de proteínas em sementes de soja. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.2, p.1038-1040, 2007.

LUDWIG, M.P.; OLIVEIRA, S. SCCHUCH, L.O.B.; VERNETTI JUNIOR, F.J.; SEUS, R.; CORRÊA, M.F.; NUNES, T. L. Produção de sementes de soja sobre solo de várzea alagada. Revista de Agricultura, v. 90, n.1, p.1-16, 2015.

MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Sistema de análise estatística para Windows**. WinStat. Versão 1.0. UFPel, 2003.

MELLO FILHO, O. L.; SEDIYAMA, C. S.; MOREIRA, M. A.; REIS, A. S.; MASSONI, G. A.; PIOVESAN, N. D. Produtividade de grãos e qualidade de sementes de soja selecionada para alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.5, p.445-450, 2004.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates. 2015, 659p.

NUNES, J. C. **Tratamento de semente - qualidade e fatores que podem afetar a sua performance em laboratório**. Syngenta Proteção de Cultivos, 2005. 16p

Recebido para publicação em 13/06/2018
Revisado em 03/01/2019
Aceito em 04/01/2019