

APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES E SEUS EFEITOS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA

Reginaldo Miguel Schaefer¹, Deivid Araújo Magano², Victor Mouzinho Spinelli³,
Andrea Bicca Noguez Martins⁴, Isaias Stallbaum Bratz⁵, Moisés Botelho Fabião⁵,
Luis Eduardo Panozzo⁶

Resumo: A produção de sementes de alta qualidade está relacionada a um bom manejo nutricional dos micronutrientes que são fundamentais para diversos processos essenciais da cultura. O molibdênio (Mo) e o cobalto (Co) são micronutrientes que em deficiência na planta podem prejudicar o processo de fixação biológica de nitrogênio. O boro (B) é um elemento essencial em todas as fases do ciclo da cultura da soja, participando de vários processos fisiológicos, tais como participação no processo de fertilização e posterior influência no poder germinativo da semente. A aplicação de fertilizantes via foliar têm por finalidade suplementar os níveis desses micronutrientes na planta para a realização dos processos metabólicos. Apesar de estar claro na literatura que as formas de aplicação de Mo, Co e B na soja podem apresentar influência no melhor aproveitamento destes nutrientes pela cultura ainda não existe um consenso a respeito da eficiência da adubação foliar com tais micronutrientes. O objetivo desta revisão foi de reunir informações sobre a aplicação foliar dos micronutrientes Mo, Co e B na cultura da soja, analisando as diferentes doses e épocas de aplicação e avaliando sua influência sobre rendimento de grãos e qualidade fisiológica de sementes da cultura. Trabalhos realizados por diferentes pesquisadores mostram resultados controversos onde por vezes a aplicação foliar desses micronutrientes na cultura da soja responde positivamente e em outras não. Logo, torna-se evidente a realização de mais trabalho, principalmente no que tange a qualidade fisiológica de sementes da soja submetida à aplicação foliar desses micronutrientes.

Palavras-chave: fertilizante foliar; *Glycine max*; qualidade de sementes.

- 1 Agrônomo e Especialista em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS, Brasil.
- 2 Professor de Agronomia da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Departamento de Estudos Agrários/ Deag, Ijuí, RS, Brasil.
- 3 Pós-doutorando DCR-C/FAPERO, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, RO, Brasil.
- 4 Pós-doutoranda em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS, Brasil.
- 5 Graduando em Agronomia na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPEL), Pelotas, RS, Brasil.
- 6 Professor Adjunto, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS, Brasil.

-- ARTIGO RECEBIDO EM 15/05/2023. ACEITO EM 02/11/2023. --

APPLICATION OF MICRONUTRIENTS AND THEIR EFFECTS ON PRODUCTIVITY AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SOYBEAN SEEDS

Abstract: The production of high quality seeds is related to a good nutritional management of micronutrients that are fundamental for several essential processes of the culture. Molybdenum and cobalt are micronutrients that, when deficient in the plant, can impair the process of biological nitrogen fixation. Boron is an essential element in all phases of the soybean crop cycle, participating in several physiological processes, such as participation in the fertilization process and subsequent influence on the germination power of the seed. The application of fertilizers through the leaves is intended to supplement the levels of these micronutrients in the plant to carry out metabolic processes. Although it is clear in the literature that the forms of application of Mo, Co and B in soybean can influence the better use of these nutrients by the crop, there is still no consensus regarding the efficiency of foliar fertilization with such micronutrients. The objective of this review was to gather information on the foliar application of micronutrients Mo, Co and B in soybean crops, analyzing the different doses and times of application and evaluating their influence on grain yield and physiological quality of seeds of the crop. Work carried out by different researchers show controversial results where sometimes the foliar application of these micronutrients in the soybean crop responds positively and in others not. Therefore, it becomes evident that more work is needed, especially with regard to the physiological quality of soybean seeds subjected to foliar application of these micronutrients.

Keywords: foliar fertilizer; *Glycine max*; seed quality.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos vêm se percebendo um crescente aumento da população mundial. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), até o ano de 2050 a população mundial será de aproximadamente 9 bilhões de pessoas e até o final do século, consistirá de mais de 10 bilhões de pessoas (FAO, 2021). Esse fator somado a acelerada urbanização trará conseqüentemente um aumento na demanda por alimentos de cerca de 60%, exigindo que a agricultura seja cada vez mais eficiente, aumentando sua produtividade, sendo eficiente ao máximo na utilização dos recursos naturais e produzindo cada vez mais de forma sustentável (NICOLÉTIS *et al.*, 2019). Pelo fato de ser amplamente utilizada na indústria alimentícia e na produção de suprimentos animais para a produção de carnes, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas a qual se acentuará a busca pela maximização de produtividades nos próximos anos (MODGIL *et al.*, 2021).

A soja é uma cultura amplamente cultivada em diversas regiões do Brasil, possuindo diferentes cultivares adaptadas a locais com diferenças significativas entre clima, solo e manejo. Ocupando a posição de destaque na agricultura brasileira, onde na safra 2022/2023 produziu 150,3 milhões de toneladas, ocupando cerca de 42,4 milhões de hectares, tornando a cultura protagonista no aumento da área no país. Atualmente corresponde à cerca de 60% da área total semeada com grãos no país (CONAB, 2023).

Segundo Santos *et al.* (2021), muitos estudos vêm mostrando que em várias etapas de produção existem mecanismos que precisam ser empregados para que a produtividade aumente. A data da semeadura, a escolha do cultivar, a fertilização, a proteção contra pragas e doenças, a melhoria do solo, o manejo de água e o uso de plantas de cobertura em sistemas de rotação têm sido pontos fundamentais para aumentar a eficiência agrícola. Além da

constante e necessária busca por maiores produtividades de grãos da cultura de soja, há também uma preocupação em relação à produção de sementes para estabelecimento de novas áreas, como o Cerrado e na Amazônia, além de empresas produtoras de sementes que tem se esforçado em buscar melhorias tecnológicas para o manejo de seus campos de sementes e entregar um produto de maior qualidade ao seu consumidor (KOMALA *et al.*, 2018).

A qualidade fisiológica da semente é um dos atributos de qualidade de sementes importantíssimos no processo de produção, sendo normalmente representada pelos testes de vigor e germinação de sementes. A mesma refere-se a atributos intrínsecos a semente, os quais determinam a capacidade potencial em gerar uma planta em condições ambientais de campo favoráveis ou não (COSTA *et al.*, 2021).

Existem muitos fatores associados ao sucesso no cultivo da soja, o manejo correto da cultura é um dos elementos principais que pode levar a obtenção de altas produtividades e sementes de alta qualidade. Um dos principais fatores determinantes para a produtividade da cultura da soja e obtenção de sementes de alta qualidade é a aplicação correta de corretivos e adubação, a reposição se faz necessária devido à alta taxa de exportação de nutrientes do solo pela cultura, além de que planta bem nutrida é sinônimo de cultura sadia e com maior resistência a pragas e doenças (BOSSOLANI *et al.*, 2022).

O fornecimento de nutrientes a cultura da soja, sejam eles macronutrientes ou micronutrientes é de fundamental importância, no período de desenvolvimento exato, em quantidades adequadas e em condições climáticas favoráveis. Os micronutrientes mesmo que exigidos em baixas quantidades pelas plantas quando comparados aos macronutrientes apresentam extrema importância no desenvolvimento da cultura (JOHNSON *et al.*, 2023). Apesar de serem requeridos em baixas concentrações pelas plantas, os micronutrientes são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das mesmas, atuando como constituintes das paredes e membranas celulares, constituintes e ativadores de enzimas e nos processos da fotossíntese. A deficiência desses, além de atingir o correto crescimento e desenvolvimento da cultura, pode ainda afetar a eficiência de fertilizantes que contenham macronutrientes (THAPA *et al.*, 2021).

As vias de aplicação dos micronutrientes podem ser diretamente ao solo, no tratamento de sementes ou via foliar. A aplicação de micronutrientes como o molibdênio, cobalto e boro via foliar é mais usada devido a sua alta mobilidade na planta, pois desta forma eles são absorvidos rapidamente, sem riscos de diminuir a fixação, como quando adicionado ao solo (DIESEL *et al.*, 2011).

Vários são os trabalhos estudando o efeito da aplicação foliar de micronutrientes na cultura da soja e seus efeitos sobre a produtividade e qualidade fisiológica de sementes, porém os resultados mostrados pela literatura deixam certas incertezas sobre essa via de aplicação desses nutrientes. Muitos são os produtos comerciais contendo micronutrientes oferecidos ao agricultor para aplicação foliar na cultura da soja e consequentemente existe uma variabilidade de dados referente às respostas obtidas com a aplicação dos mesmos (ZOLFAGHARI GHESHLAGHI *et al.*, 2019). Como o molibdênio, o cobalto e o boro são micronutrientes muito importantes no processo de fixação biológica de nitrogênio, sua ação na planta pode incrementar em produtividade e melhorar a qualidade fisiológica

da semente, devido a esse fato torna-se necessário um aprofundamento em pesquisas relacionadas ao fornecimento desses nutrientes as plantas (MONDAL; BOSE, 2019).

Neste sentido o objetivo deste trabalho foi de efetuar uma revisão bibliográfica no que diz sentido à aplicação foliar de molibdênio, cobalto e boro via foliar na cultura da soja, buscando observar os possíveis incrementos na produtividade, bem como melhorias na qualidade fisiológica da semente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aplicação foliar de micronutrientes na cultura da soja

Para completar seu ciclo de crescimento e desenvolvimento com êxito, as plantas precisam de quantidades adequadas de nutrientes. Os Micronutrientes correspondem aos nutrientes que as plantas demandam em pequenas quantidades, tais como: Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo) e Zinco (Zn). Os elementos Sódio (Na), Cobalto (Co), Silício (Si) e Níquel (Ni), são considerados benéficos as plantas (CESARIN, 2018).

Os micronutrientes atuam nos diferentes estádios de desenvolvimento das culturas. Na fase reprodutiva, sua deficiência pode afetar a produtividade bem como a qualidade da semente. Os mesmos quando fornecidos em quantidades adequadas também ajudam a conferir maior resistência contra estresses bióticos e abióticos como, ataque de pragas e patógenos (TAVANTI *et al.*, 2021). Mesmo as plantas necessitando de quantidades baixas desses elementos, para completarem o ciclo de maneira eficaz elas precisam dos mesmos. A deficiência de qualquer um deles pode afetar diretamente a produtividade da cultura, como explica a lei do mínimo de Liebig (ZEWIDE; SHEREFU, 2021).

Para a cultura da soja os micronutrientes exibem importante desempenho, especialmente o molibdênio e o cobalto, pelo fato de esses estarem associados às bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, responsáveis pelo processo simbiótico de fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja (BÁRBARO *et al.*, 2015). O boro, mesmo não possuindo ação direta sobre a fixação biológica, possui a função de ativar a enzima fosforilase do amido, responsável pela síntese de amido, substância de reserva das sementes, raízes, tubérculos e colmos (REHMAN *et al.*, 2022).

Os micronutrientes são caracterizados por serem de natureza essencialmente inorgânica, a disponibilidade desses no solo está relacionada a vários fatores. O solo é capaz de reter e liberar os micronutrientes para as plantas segundo suas propriedades físicas, químicas e biológicas, tais como: a textura, o pH, a umidade, a quantidade de matéria orgânica e de óxidos, podendo esses fatores afetarem a disponibilidade dos micronutrientes as plantas (DENTON-THOMPSON; SAYER, 2022). A aplicação foliar de micronutrientes para as plantas, com o objetivo de complementar as necessidades nutricionais das mesmas, não é uma prática nova, sendo conhecida há mais de 100 anos. No entanto, a mesma não substituí a aplicação via solo (DASS *et al.*, 2022).

De acordo com DASS *et al.* (2022), a explicação científica para a aplicação via foliar de nutrientes as plantas, se baseia no fato de que, do início do estágio reprodutivo até a

maturação, a atividade radicular e a absorção de nutrientes diminuem, ao mesmo tempo em que há grande translocação de nutrientes das folhas para as sementes em formação. Esse fato explica a época de aplicação recomendada e normalmente utilizada para fertilizantes foliares que contenham esses micronutrientes, a qual normalmente se encontra entre os estádios reprodutivos de R3 e R5.

Existem quatro maneiras de se fornecer micronutrientes às plantas: adubação convencional no momento da semeadura, tratamento de sementes, via aplicação foliar e através da utilização de sementes enriquecidas com os mesmos. O principal problema do fornecimento via solo, no momento da semeadura, é a elevada imobilização desses elementos no solo, diminuindo dessa forma sua eficiência. Por outro lado, o fornecimento de micronutrientes como o molibdênio via semente reduz a nodulação e a eficiência da FBN, sendo dessa forma a melhor alternativa em frente a este problema a aplicação do mesmo via foliar (ABREU-JUNIOR *et al.*, 2023).

De acordo com Suzana *et al.* (2012), devido à busca por novas tecnologias para aumento da produtividade de grãos e melhoria na qualidade fisiológica das sementes da soja, têm se tornado fundamental suprir as necessidades de nutrientes nas etapas mais importantes da cultura, sendo uma opção a adubação foliar com micronutrientes. Dalmolin *et al.* (2021) afirma que é crescente o fornecimento de nutrientes para as plantas por meio da adubação foliar no Brasil, assim como em outros países do mundo onde a tecnologia agrícola encontra-se em estágio muito avançado. Entretanto o sucesso no uso dessa técnica está condicionado em saber quando utilizá-la, qual nutriente utilizar e quais épocas e dosagens a serem aplicadas.

2.2 Produtividade e qualidade fisiológica de sementes

O Brasil é o maior produtor mundial de soja, com produção de 124,8 milhões de toneladas, atingindo produtividade média de 3.379 kg ha⁻¹ na safra 2019/2020, com tetos produtivos chegando à casa dos 7.000 kg ha⁻¹. A busca por incrementos de produtividade é cada vez mais constante, através do uso de um conjunto de manejos e tecnologias adequadas, dessa forma almejando a obtenção de maiores lucratividades com a cultura (EMBRAPA, 2020).

A produtividade da cultura é resultado da interação entre o potencial genético da cultivar, condições ambientais durante o período de cultivo, manejo da mesma e intervenção biótica e abiótica de um sistema de produção. O PMS (peso de mil sementes) é um dos 4 componentes de rendimento responsáveis pela produtividade da cultura da soja, os demais são: número de plantas por área; número de vagens por planta; número de grãos por vagem (PIONNER, 2020).

Outro setor que movimenta a cadeia da soja no Brasil é o de produção de sementes, insumo agrícola essencial, sem o qual não haveria formação de novas lavouras e produção de alimentos, para tanto é imprescindível, que sejam produzidas sementes de qualidade. Para Bianchi *et al.* (2022) a semente carrega em sua genética todo potencial produtivo de determinada cultivar, fator determinante no sucesso de uma lavoura. A qualidade fisiológica da semente permite a geração de novas plantas perfeitas e vigorosas (REED *et al.*, 2022).

As características fundamentais que definem a qualidade fisiológica das sementes são: viabilidade (germinação) e vigor. A viabilidade, avaliada pelo teste de germinação, determina o potencial germinativo da semente, oferecendo para isto, as condições mais favoráveis possíveis. O vigor representa atributos mais sutis da qualidade fisiológica, não expressadas pelo teste de germinação, e é determinado sob condições desfavoráveis, ou medindo-se o declínio de alguma função bioquímica ou fisiológica (BARON *et al.*, 2022).

O vigor pode ser definido como a capacidade da semente em se estabelecer rápida e uniformemente, gerando plântulas normais sob uma vasta faixa de condições ambientais (MARCOS FILHO, 2015). Sementes com baixo padrão de vigor e germinação geram plantas defeituosas, com falhas em seu estabelecimento e baixo potencial produtivo, podendo gerar prejuízos à atividade de produção (VEIGA *et al.*, 2020). Além disso, há vários fatores podem afetar a qualidade das sementes, os principais são: origem da semente, adubação, condições climáticas na fase de maturação e colheita, tipo de colheita, secagem, condições de armazenamento, tratamento químico das sementes, sanidade no campo de produção (ELLIS *et al.*, 2000; COSTA *et al.*, 2021).

A nutrição adequada das plantas é um dos fatores primordiais à qualidade fisiológica das sementes. A disponibilidade de nutrientes influi na formação do embrião e dos órgãos de reserva, assim como na composição química das sementes, fatores esses que estarão influenciando no vigor e na qualidade das mesmas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2020). No início da fase reprodutiva, a exigência nutricional da maioria das espécies é mais intensa, principalmente por ocasião da formação das sementes (MARTÍNEZ-BALLESTA *et al.*, 2020). Segundo Lu *et al.* (2023), a maioria das plantas têm a habilidade de compensar suas deficiências nutricionais, reduzindo a produtividade e não a qualidade de suas sementes. Porém para a soja, sementes oriundas de plantas desenvolvidas em solos com uma boa fertilidade apresentaram maior germinação e vigor, quando comparadas as submetidas a solos pobres em nutrientes.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho é uma revisão bibliográfica que tem como base para sua construção a pesquisa em trabalhos acadêmicos. Quanto aos meios de investigação, optou-se pela pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica foi efetuada com base em artigos científicos com vistas a contextualizar a temática em estudo. A busca dos trabalhos foi realizada nas plataformas Google Acadêmico®, Scielo Brasil®, periódicos CAPES, no período de 2006 a 2023. As palavras-chave usadas na busca foram: fertilizante foliar, micronutrientes, molibdênio, cobalto, boro, *Glycine max*, qualidade de sementes.

A revisão bibliográfica consiste na análise de trabalhos científicos já desenvolvidos com a finalidade de descrever os possíveis avanços ocorridos dentro da temática em questão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos da análise de trabalhos científicos já desenvolvidos sobre a aplicação foliar dos micronutrientes molibdênio (Mo), cobalto (Co) e boro (B) na cultura da soja, analisando as diferentes doses e épocas de

aplicação e avaliando sua influência sobre rendimento de grãos e qualidade fisiológica de sementes da cultura. Para tanto, os resultados foram apresentados através de subseções dos micronutrientes Mo, Co e B na soja, relacionados com as suas funções na planta, qualidade fisiológica de sementes e rendimentos de grãos.

4.1 Molibdênio e sua função na planta

Dentre os micronutrientes necessários ao desenvolvimento da cultura da soja o molibdênio desempenha papel fundamental na nutrição das plantas e está envolvido em diversos processos bioquímicos (BAGALE, 2021). O mesmo participa como catalizador da enzima nitrogenase, a qual é a responsável pela transformação do N atmosférico em amônia. Outra função importante desse micronutriente na planta é sua participação no complexo enzimático do nitrato redutase, responsável pela assimilação de nitrato pelas plantas, dessa forma então proporcionando aumentos em produtividade para a cultura (TAIZ *et al.*, 2017).

A deficiência de Molibdênio tem efeito negativo na formação de ácido ascórbico, no conteúdo de clorofila e na atividade respiratória, a deficiência em Mo provoca uma concentração anormal de NO_3^- nas folhas, afetando o metabolismo do N_2 , assim pode influenciar a viabilidade do grão de pólen e conseqüentemente afetando a produção da planta (ROYCHOUDHURY; CHAKRABORTY, 2022). Dessa maneira sendo notória a essencialidade da nitrogenase para a fixação biológica do nitrogênio atmosférico, e da redutase para sua assimilação, o micronutriente molibdênio torna-se crítico no desenvolvimento das culturas (SILVA *et al.*, 2017).

Para Hansel e Oliveira (2016) o Mo é facilmente lixiviado e existe uma extração do mesmo pelas culturas, sendo que os valores desse nutriente presente no solo podem não ser suficientes para atender à demanda da cultura, havendo a necessidade de sua suplementação via adubação. Devido à mobilidade que o Mo exerce na planta, ele pode ser adicionado em soluções via adubação foliar, pois desta forma, sua absorção ocorre rapidamente, sem os riscos de ser lixiviado quando adicionado ao solo (FROTA *et al.*, 2020).

4.2 Molibdênio e a qualidade fisiológica de sementes

Trabalhando com a aplicação foliar de molibdênio em soja, na fase de maturação da cultura, nos estádios de R5.2 e R5.4, nas doses de 0,4 a 1 kg ha⁻¹, Milani *et al.* (2010) obtiveram resultados onde a germinação e o vigor não foram influenciada pela aplicação desse nutriente via foliar (Tabela 1). Nesse trabalho os autores obtiveram essas informações, através de testes de germinação, índice de velocidade de emergência (IVE), teste de frio e condutividade elétrica.

Tabela 1 – Efeito da aplicação foliar de molibdênio na cultura da soja sobre a qualidade fisiológica de sementes.

Fonte	Estádio de aplicação	Dose (kg ha ⁻¹)	Germinação	Vigor	Referências
Molibdato de sódio (39% de Mo)	R5.2 e R5.4	0,4 a 1	Não ocorreu	Não ocorreu	Milani <i>et al.</i> (2010)
Molibdato de sódio (39% de Mo)	R3 e R5	0,8	Não ocorreu	Não ocorreu	Posenti; Vilella (2010)
Molibdato de sódio (39% de Mo)	R3 e R5.4	0,2 a 0,8	Ocorreu (+ 14,4%)	Ocorreu	Nakao <i>et al.</i> (2014)

Trabalhando com aplicação foliar de Mo na cultura da soja na fase reprodutiva, Possenti; Vilella (2010) também não identificaram respostas positivas na qualidade fisiológica das sementes, dados esses observados através de testes de germinação e envelhecimento acelerado. Os autores justificaram essa ausência de respostas, devido a condições de fertilidade satisfatórias dos solos onde esses experimentos foram instalados, estando esses solos com pH corrigido e boa quantidade de matéria orgânica, dessa forma o molibdênio sendo fornecido em quantidades adequadas pelo solo.

Por outro lado, Nakao *et al.* (2014) trabalhando com a aplicação foliar de molibdênio na cultura da soja nos estádios de R3 e R5.4, com doses de 0,2 a 0,8 kg ha⁻¹, verificaram melhores índices de germinação com aplicação desse nutriente. Melhorias no vigor de sementes também foram encontradas pelos autores quando realizado a aferição do comprimento de plântulas. No entanto, nesse caso, ao contrário dos acima citados, observou-se que o solo onde esse experimento foi instalado apresentavam-se com pH ácido, presença de alumínio e baixa fertilidade, dessa maneira dificultando a disponibilidade do molibdênio e demais nutrientes fornecido via solo, dessa forma, certamente a aplicação de molibdênio foliar aumentou a eficiência da nitrogenase e da nitrato redutase promovendo maior fixação do nitrogênio atmosférico e assimilação de nitrato.

Trabalhando com aplicação foliar de molibdênio na cultura do feijoeiro aos 26 DAE (dias após a emergência) Ascoli *et al.* (2008) constatou aumentos na porcentagem de germinação em relação a testemunha, o mesmo resultado foi verificado por Brandelero *et al.* (2020), que constatou melhoras na qualidade fisiológica das sementes de feijão, com a aplicação de molibdênio via foliar parcelado em duas épocas, aos 15 e 30 DAE.

Leite *et al.* (2009) observaram que para os cultivares de feijão Novo Jalo e Meia Noite, quando submetidos a aplicação de molibdênio foliar, a condutividade elétrica, foi significativamente influenciado pelo conteúdo de Molibdênio que a semente possuía, potencializando o vigor. Esses resultados são atribuídos segundo os autores são atribuídos mais uma vez a baixa disponibilidade de Mo no solo, devido a seu baixo teor de matéria

orgânica, presença de acidez ou mesmo a características físicas que favorecem a lixiviação do mesmo.

Sabe-se de maneira geral, que a disponibilidade de nutrientes para as plantas, pode interferir no suprimento das reservas das sementes geradas. Mondo *et al.*, (2012) quando trabalhou com fertilidade e qualidade fisiológica de sementes, verificou que esses fatores estão correlacionados, ou seja, a disponibilidade de nutrientes, afeta a qualidade fisiológica das sementes.

4.3 Molibdênio e o rendimento de grãos

Estudando a aplicação foliar de molibdênio nos estádios reprodutivos da soja, Milani *et al.* (2010) não encontraram diferença significativa para o peso de mil sementes (PMS) e a produtividade de grãos da cultura quando comparado os tratamentos com aplicação de foliar de molibdênio a testemunha (Tabela 2), as doses aplicadas foram de 0,4 a 1 kg ha⁻¹ nos estádios reprodutivos de R5.2 e R5.4 da soja. Resultados semelhantes foram encontrados por Possenti; Vilella (2010), onde a aplicação foliar de molibdênio em soja, não apresentou diferença significativa na produtividade de grãos entre os tratamentos adotados e a testemunha, quando aplicaram 0,8 kg ha⁻¹ de molibdênio via foliar na cultura da soja nos estádios de R3 e R5.

Tabela 2 – Efeito da aplicação foliar de molibdênio na cultura da soja sobre o peso de mil semente (PMS) e rendimento de grãos.

Fonte	Estádio de aplicação	Dose (kg ha ⁻¹)	PMS (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Referências
Molibdato de sódio (39% de Mo)	R5.2 e R5.4	0,4 a 1	Não ocorreu	Não ocorreu	Milani <i>et al.</i> (2010)
Molibdato de sódio (39% de Mo)	R3 e R5	0,8	Não ocorreu	Não ocorreu	Posenti; Vilella (2010)
Molibdato de sódio (39% de Mo)	R3 e R5.4	0,2 a 0,8	Ocorreu (+11 %)	Ocorreu (+12,2%)	Nakao <i>et al.</i> (2014)

Segundo os autores, a resposta não significativa à aplicação do molibdênio foliar nos estádios reprodutivos da cultura da soja para as variáveis PMS e rendimento de grãos, foi atribuída à boa fertilidade do solo onde esses experimentos foram instalados, ou seja, os mesmos possuíam níveis adequados tanto para o micronutriente molibdênio como para os demais macronutrientes, além de pH próximo ao neutro, dessa forma o solo suprindo todas as necessidades da planta e garantindo bons resultados de produtividade, mesmo nos tratamentos sem a aplicação do molibdênio via foliar na cultura da soja.

De acordo com Li *et al.* (2019), a aplicação de calcário ao solo de maneira geral aumenta a disponibilidade de molibdênio. O mesmo é evidenciado por Anderson *et al.* (2020), que também enfatizam que com o pH próximo a 7 há uma maior disponibilidade do molibdênio. Já para Djurić *et al.* (2011), a deficiência de molibdênio pode ser maior em solos ácidos e de baixa fertilidade, podendo a calagem suprir essa, sendo que a ação do molibdato aumenta 100 vezes para cada unidade de aumento de pH.

Outro fator relevante mencionado pelos autores para a resposta não significativa da aplicação foliar do molibdênio foliar na cultura da soja foi às boas condições climáticas ocorridas durante o desenvolvimento da cultura para ambos os experimentos. Não havendo nenhum déficit hídrico para a cultura, bem como condições adequadas de luz e temperatura, além de uma boa fertilidade do solo, podem ter oferecido ótimas condições de desenvolvimento para a cultura, não sendo observados possíveis incrementos que o molibdênio poderia ocasionar na falta de condições adequadas de desenvolvimento.

Por outro lado, não corroborando com esses estudos, Nakao *et al.* (2014) quando trabalharam com a aplicação foliar de molibdênio na soja, nos estádios de R3 e R5.4, com doses de 0,2 a 0,8 kg ha⁻¹, verificaram aumento da produtividade e no PMS em relação a testemunha. Os mesmos observaram aumento de aproximadamente 12% na produtividade quando aplicado 0,8 kg ha⁻¹ de molibdênio via foliar nos estádios reprodutivos da cultura. Da mesma forma que para a qualidade fisiológica de sementes mencionada acima, esse incremento no PMS e produtividade da cultura, quando submetida à aplicação foliar de molibdênio, foi atribuída ao pH ácido, presença de alumínio e baixa fertilidade do solo onde o experimento foi instalado, dificultando a absorção do molibdênio via solo e dessa forma se destacando o fornecimento foliar.

Brandelero *et al.* (2020) obtiveram incrementos de produtividade de aproximadamente 10% em relação a testemunha, quando trabalharam com a aplicação de molibdênio via foliar na cultura do feijoeiro nas doses de 80 g ha⁻¹, tanto aos 15 DAE como aos 26 DAE. O mesmo foi observado por Oliveira *et al.* (2022), obtiveram um acréscimo na produtividade fotossintética com a aplicação foliar de molibdênio na cultura da soja, evidenciando ser viável economicamente, a aplicação desse micronutriente via foliar, principalmente para produtores que já adotam altos níveis tecnológicos e conseguem elevadas produtividades.

4.4 Cobalto e sua função na planta

Os estudos sobre o micronutriente cobalto tem sido poucos no Brasil, fato que remete as poucas informações encontradas sobre toxicidade, mobilidade e fonte, no entanto esse é um dos nutrientes comumente utilizados na cultura da soja, junto ao molibdênio, seja no tratamento de sementes ou via foliar (DALMOLIN *et al.*, 2021). O micronutriente cobalto desempenha fundamental importância para a fixação biológica de nitrogênio da soja, o mesmo é absorvido pelas raízes na forma Co²⁺, quelatos e complexos com compostos orgânicos, sendo móvel no floema. Contudo, quando absorvido por via foliar é parcialmente móvel (HU *et al.*, 2021).

De acordo com Comiran *et al.* (2020), o Cobalto é requerido pela cultura da soja, pois é necessário para a fixação de N₂ por constituir a cobalamina, que é necessária para

a síntese de leghemoglobina, pigmento vermelho que transporta o oxigênio para geração de energia para as bactérias fixadoras de N. Dessa forma sua deficiência na planta pode afetar diretamente a fixação biológica de N, resultando em baixo teor de proteína nos grãos seguida de clorose e necrose nas folhas mais velhas (SFREDO; OLIVEIRA 2010).

Segundo Hansel; Oliveira (2016), a necessidade de cobalto pela planta de soja é menor que a de molibdênio e o seu excesso pode induzir a deficiência de cobre (Cu), ferro (Fe) e Manganês (Mn) em soja, por influenciar o transporte de ferro para a parte aérea, levando ao aparecimento de sintomas de deficiência dos mesmos na planta.

Para que o micronutriente cobalto atue positivamente na cultura é crucial ressaltar que alguns demais aspectos devem ser considerados, tais como: teor de Co no solo disponível, pH elevado no solo e disponibilidade de outros nutrientes (HANSEL; OLIVEIRA, 2016). Devido a esses fatores, os resultados encontrados por Diesel *et al.* (2011) mostraram que a aplicação de Co e Mo não influenciou no rendimento dos grãos de soja.

Um fator de extrema importância em relação ao fornecimento de cobalto a cultura da soja, é sobre as formas e épocas de aplicação do mesmo, considerando que certas metodologias de aplicação, se não bem manejadas, como é o caso do tratamento de sementes com esse micronutriente, pode até mesmo reduzir a nodulação. Nesse contexto destaca-se a importância dos estudos relacionados às diferentes formas de aplicação desse nutriente a cultura buscando elevar seu potencial de produção (MATA *et al.*, 2011).

De acordo com Galindo *et al.* (2017) no Brasil, existem diversas fontes de cobalto e são comercializados como: cloreto de cobalto, óxido de cobalto, silicato de cobalto, nitrato de cobalto, fosfato de cobalto, sulfato de cobalto, carbonato de cobalto e quelato de cobalto. Muitas empresas possuem em seu portfólio fertilizantes a base de cobalto, quase sempre associado ao molibdênio, todavia a maioria dessas não fornece a fonte da qual são fabricados seus produtos.

4.5 Cobalto e a qualidade fisiológica de sementes

Trabalhando com a aplicação foliar de cobalto + molibdênio na cultura da soja, nas doses de até 23,2 g ha⁻¹ de Co e 139,2 g ha⁻¹ de Mo, no estágio vegetativo de V4, Golo *et al.* (2009), obtiveram diferença significativa para a qualidade fisiológica de sementes em relação a testemunha (Tabela 3). Esses resultados foram observados através de testes de germinação de sementes, índice de velocidade de emergência (IVG).

Tabela 3 – Efeito da aplicação foliar de cobalto molibdênio na cultura da soja sobre a qualidade fisiológica de sementes.

Fonte	Estádio de aplicação	Dose (g ha ⁻¹)	Germinação	Vigor	Referências
Sulfato de cobalto 1% e Molibdato de sódio 6%	V4	23,2 Co e 139,2 Mo	Ocorreu (+ 7%)	Ocorreu	Golo <i>et al.</i> (2009)
Produto comercial (1,43% de Co e 14,25% de Mo)	V5	11,5 Co e 12,5 Mo	Ocorreu (+ 10,5%)	Ocorreu	Dalmolin <i>et al.</i> (2021)
Produto comercial (1,5 % de Co e 15% de Mo)	R3 e R5.4	60 Co e 600 Mo	Não Ocorreu	-	Cortese <i>et al.</i> (2019)

Os autores obtiveram resultados de germinação 7% melhores em relação à testemunha e o índice de velocidade de emergência aumentou 8% quando efetuada a aplicação de cobalto + molibdênio na cultura da soja, nas doses de até 23,2 g ha⁻¹ de Co e 139,2 g ha⁻¹. Resultados semelhantes foram obtidos por Dalmolin *et al.* (2021), onde com a aplicação de cobalto + molibdênio foliar na cultura da soja, nas doses máximas de até 11,5 g ha⁻¹ de Co e 112,5 g ha⁻¹ de Mo, no estágio vegetativo de V5, obteve resultados positivos para a qualidade fisiológica, resultados esses obtidos através de testes de germinação, primeira contagem e emergência a campo.

A justificativa desses autores para os resultados positivos encontrados para aplicação foliar de cobalto + molibdênio na cultura da soja, foi de que os solos onde os experimentos foram desenvolvidos encontravam-se com baixa fertilidade, baixa quantidade de matéria orgânica com pH ácido, dificultando assim o suprimento de cobalto e molibdênio, bem como demais nutrientes via solo e dessa forma observando-se a influência dos mesmos quando aplicados via foliar, melhorando os parâmetros avaliados quando comparados a testemunha.

Não corroborando com esses resultados, Cortese *et al.* (2019) quando trabalharam com a aplicação de Cobalto + Molibdênio foliar na cultura da soja, nas doses de até 60 g ha⁻¹ Co e 600 g ha⁻¹ Mo, nos estádios reprodutivos de R3, R5.1 e R5.4, não obtiveram diferença significativa para a germinação de sementes quando comparado os tratamentos a testemunha. Podendo-se atrelar esses resultados a boa fertilidade do solo onde esse experimento foi conduzido. Sendo então esses micronutrientes fornecidos em quantidades adequadas para a planta pelo solo.

4.6 Cobalto e o rendimento de grãos

Trabalhando com a aplicação foliar de cobalto molibdênio na cultura da soja no estágio vegetativo de V5, com doses máximas de 12,4 g ha⁻¹ de cobalto e 74 g ha⁻¹ de molibdênio, Diesel *et al.* (2011) não encontraram diferença significativa para o peso de mil

sementes (PMS) e a produtividade de grãos da cultura quando comparado os tratamentos a testemunha (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Dalmolin *et al.* (2021) onde a aplicação foliar de cobalto + molibdênio na cultura da soja, no estágio vegetativo de V5, com doses máximas de 11,5 g ha⁻¹ de cobalto e 112 g ha⁻¹ de molibdênio, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha. Corroborando com esses resultados Galdino *et al.* (2020), também não encontraram diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha, para o peso de mil sementes (PMS) e o rendimento de grãos quando trabalharam com aplicação de cobalto + molibdênio nas doses máximas de 4,5 e 45 g ha⁻¹ de cobalto e molibdênio respectivamente, nos estádios de V5 e R2.

Segundo os autores a resposta não significativa à aplicação do cobalto molibdênio via foliar na cultura da soja para as variáveis PMS e rendimento de grãos, está relacionada a níveis satisfatórios desses micronutrientes no solo, principalmente em sistemas de plantio direto, com bons teores de matéria orgânica e ausência de acidez, sendo esse fornecimento inicial suficiente para suprir as necessidades das plantas e garantir um bom desenvolvimento da cultura e consequentemente bons rendimentos. No entanto, os autores também citam que mesmo não havendo diferença significativa entre tratamentos e a testemunha, o retorno econômico da aplicação se mostrou positivo, podendo ser analisado, principalmente em época de boa valorização do produto final.

Não corroborando com esses resultados, Dourado Neto *et al.* (2012) quando avaliou a resposta da aplicação de cobalto + molibdênio aplicados via foliar na cultura da soja, no estágio V4, até as doses de 1,56 g ha⁻¹ de Co e 15,6 g ha⁻¹ de Mo, encontrou incrementos significativos no PMS e rendimento da soja, com aumentos de até 240 kg ha⁻¹, correspondendo a um aumento de 9,76% em relação a testemunha. Nesse trabalho os autores também constataram que a aplicação de molibdênio e cobalto via foliar promoveram aumento de número de vagens e número de grãos por vagem. Abreu-Junio *et al.* (2023) também obtiveram incrementos significativos para índice de crescimento e índice de vigor das sementes enriquecidas geradas com Co (0,8 mg kg⁻¹) e Mo (38 mg kg⁻¹) na dose de 20 g ha⁻¹ de Co, mais 800 g ha⁻¹ de Mo, aplicados via foliar no estágio reprodutivo de plantas-mãe de soja.

Tabela 4 – Efeito da aplicação foliar de cobalto + molibdênio na cultura da soja sobre o peso de mil sementes (PMS) e o rendimento de grãos.

Fonte	Estádio de aplicação	Dose (g ha ⁻¹)	PMS (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Referências
Sulfato de cobalto 2,0% e Molibdato de sódio 12,0%	V5	12,4 Co e 74 Mo	Não ocorreu	Não Ocorreu	Diesel <i>et al.</i> (2011)
Produto comercial (1,43% de Co e 14,25% de Mo)	V5	11,5 Co e 112,5 Mo	Não ocorreu	Não Ocorreu	Dalmolin <i>et al.</i> (2015)
Produto comercial (1% de Co e 10% de Mo)	V5 e R2	4,5 Co e 45 de Mo	Não ocorreu	Não Ocorreu	Galdino <i>et al.</i> (2020)
Produto comercial (1,2% de Co e 12% de Mo)	V4	1,5 Co e 15,6 Mo	Ocorreu	Ocorreu (+ 9,7%)	Dourado Neto <i>et al.</i> (2012)
Produto comercial (1% de Co e 10% de Mo)	V8	1,95 Co e 19,5 Mo	Ocorreu (+ 4,7%)	Ocorreu (+ 19%)	Abreu-Junio <i>et al.</i> (2023)

O fato de esses autores terem encontrado respostas positivas para o PMS e rendimento de grãos de soja, frente à aplicação foliar de cobalto + molibdênio, pode ser explicado devido a características químicas do solo desfavoráveis, como acidez e baixo teor de matéria orgânica, onde a disponibilidade desses micronutrientes é baixa, dessa forma a aplicação foliar dos mesmos supriu essa deficiência e garantiu diferenças significativas em relação a testemunha. Outro fator que pode ter influenciado no trabalho realizado por Dourado Neto *et al.* (2012) foi à época de aplicação, nesse caso sendo no estágio vegetativo V4, de acordo com Abreu-Junio *et al.* (2023) a aplicação foliar de Co e Mo no estágio reprodutivo R5.4 das plantas progenitoras de soja aumenta a concentração de Co e Mo na semente.

4.7 Boro e sua função na planta

A disponibilidade de Boro está intimamente ligada às propriedades químicas do solo, como: pH, textura, mineralogia e matéria orgânica (BRDAR-JOKANOVIĆ, 2020). Os solos do Brasil são normalmente deficientes de boro, principalmente solos arenosos e com baixa quantidade de matéria orgânica, o que pode acarretar em perdas de produtividade para a cultura da soja (TRASPADINI *et al.*, 2022). Segundo da Silva; Benett *et al.* (2017) o B é um elemento essencial para o bom crescimento e desenvolvimento da cultura da soja, sendo essa uma das culturas anuais mais exigentes a esse nutriente.

Segundo Pereira *et al.* (2021), há uma maior exigência de B no que se refere à produção de sementes em relação ao crescimento vegetativo das plantas, isso devido a sua importância no processo de fertilização. Esse micronutriente influencia diretamente

no poder germinativo das sementes. Bellaloui *et al.* (2017) apontam que sementes com baixo teor de B acumulado apresentam menor vigor e taxa de germinação podendo gerar plântulas fora dos padrões normais.

O boro é imóvel no floema, logo, dessa forma, os sintomas da sua deficiência são observados em órgãos mais novos da planta, que são pontos de crescimento, onde a demanda pelo mesmo é exigida em maior intensidade (GARCÍA-SÁNCHEZ *et al.*, 2020). Para Tripathi *et al.* (2022), o B desempenha papel fundamental em muitos processos fisiológicos da planta, como transporte de açúcares, síntese da parede celular, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato e integridade da membrana plasmática. Dentre essas funções a síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática estão muito bem definidas.

Segundo Nejad; Etesami *et al.* (2020) o B possui funções importantes também na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, aumenta o pegamento de flores e a granação, causa menor esterilidade masculina e menor chochamento de grãos. Desse modo, sua deficiência leva a um baixo pegamento das flores e uma má formação dos grãos (CHATTERJEE *et al.*, 2018).

No início da fase reprodutiva das culturas esse nutriente se torna mais exigido, isso se deve ao fato do nutriente ser essencial à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva. Além de atuar na fecundação de flores e formação de grãos, o B interfere na retenção de vagens recém-formadas, os populares canivetes (GALERIANI *et al.*, 2022). A recomendação do uso de boro na adubação, entretanto, não pode ser indiscriminada, uma vez que esse micronutriente pode tornar-se tóxico, se aplicado em excesso (PEREIRA *et al.*, 2021).

O B solúvel é encontrado principalmente ligado à matéria orgânica do solo, sobretudo nas camadas superficiais. Pode sofrer lixiviação em solos de textura arenosa enquanto nos mais argilosos sua mobilidade é praticamente nula. Períodos de estiagem ou em condições de solos com calagem excessiva as plantas apresentam dificuldade para absorver este nutriente (SINGH *et al.*, 2020).

4.8 Boro e a qualidade fisiológica de sementes

Trabalhando com a aplicação de B via foliar na cultura da soja nos estádios de V5, V9 e R3, com doses de 0,1 a 0,4 kg ha⁻¹, Kappes *et al.* (2008) observaram que a qualidade fisiológica da semente, através de testes de germinação e vigor, não foi influenciada por essa aplicação (Tabela 5). Os autores obtiveram esses resultados através de testes de germinação e vigor como, germinação padrão, primeira contagem e índice de velocidade de emergência.

Tabela 5 – Efeito da aplicação foliar de boro na cultura da soja sobre a qualidade fisiológica de sementes.

Fonte	Estádio de aplicação	Dose (kg ha ⁻¹)	Germinação	Vigor	Referências
Produto comercial (10% de B)	V5 a R3	0,1 a 0,4	Não ocorreu	Não ocorreu	Kappes <i>et al.</i> (2008)
Produto comercial (10% de B)	V6	0,1 a 0,4	Não ocorreu	Não ocorreu	Nakao <i>et al.</i> (2018)
Ácido bórico (17% de B)	R2, R4 e R6.	0,5 a 2	Ocorreu (+ 6,8%)	Ocorreu	Varanda <i>et al.</i> (2018)
Produto comercial (66,14% B ₂ O ₃)	R2	0,3 a 1,3	Ocorreu (+11%)	-	Cirak <i>et al.</i> (2006)

Nakao *et al.* (2018) também não obtiveram resultados significativos na qualidade fisiológica de sementes trabalhando com as mesmas doses no estágio vegetativo V6 da cultura da soja. Ambos os autores justificam que as respostas não significativas devem estar associadas à boa fertilidade dos solos e condições climáticas de precipitação, umidade e temperaturas adequadas durante o desenvolvimento da cultura.

Reis *et al.* (2008) quando realizaram a aplicação de boro via foliar na cultura do feijão nas doses de 0,5 a 2 kg ha⁻¹ de borax, com parcelamento dessas 25 e 35 DAE não obtiveram respostas significativas para a qualidade fisiológica de sementes, nas diferentes doses e épocas, avaliados pelos testes de primeira contagem da germinação, emergência em campo, índice de velocidade de emergência e condutividade elétrica das sementes de feijão. Da mesma forma resultados semelhantes foram encontrados por Abrantes *et al.* (2015) onde aplicando diferentes doses de boro via foliar na cultura do feijão não obtiveram melhorias na qualidade de sementes.

Não corroborando com esses resultados, Varanda *et al.* (2018) quando trabalhou com a aplicação foliar de boro na cultura da soja nos estádios reprodutivos de R2, R4 e R6, com doses crescentes de 0,5 a 2 kg ha⁻¹, encontrou incrementos significativos na germinação e vigor de sementes. Segundo o autor a germinação de sementes, com a aplicação de 1,5 kg ha⁻¹ de boro via foliar no estágio de R6, obteve percentual de 94% de germinação, valores relativamente altos que demonstram a influência do boro na germinação, estando bem acima dos encontrados para a testemunha, dados esses obtidos através do teste de germinação de sementes.

Através do Índice de velocidade de emergência (IVE), teste onde se faz diariamente a contagem das sementes germinadas pelo número de dias, somando a razão entre os dois, mostrando que sementes de maior qualidade fisiológica, germinaram mais rápidas e uniformemente obtendo maiores valores de IVE, Varanda *et al.* (2018) observou que o vigor das sementes aumentou quando aplicado 1,5 kg ha⁻¹ de boro no estágio reprodutivo de R4 na cultura da soja. O mesmo foi observado por Cirak *et al.* (2006), quando trabalharam

com a aplicação foliar de boro no estágio reprodutivo de R2, nas doses crescentes de 0,3 a 1,3 kg ha⁻¹ de boro, obtendo diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha para a variável germinação, aumentando em 11% o potencial de germinação em relação a testemunha para a dose de 1 kg ha⁻¹ de boro, chegando a uma taxa de germinação de 97,7%. O fato desses autores terem encontrado resultados positivos em relação aos demais pode ser explicado pelas doses maiores de boro aplicadas via foliar em relação aos demais, a possível deficiência desse micronutriente no solo ou a aplicação em épocas mais adequadas.

4.9 Boro e o rendimento de grãos

Trabalhando com a aplicação foliar de B na cultura da soja, nas doses de 0,5 a 2 kg ha⁻¹ nos estádios de desenvolvimento da cultura de V4 e R2, Calonego *et al.* (2010), não observaram aumento significativo no PMS e na produtividade da cultura (Tabela 6).

Tabela 6 – Efeito da aplicação foliar de boro na cultura da soja sobre o peso de mil sementes (PMS) e o rendimento de grãos.

Fonte	Estádio de aplicação	Dose (kg ha ⁻¹)	PMS (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Referências
Ácido bórico (17% de B)	V4 e R2	0,5 a 2	Não ocorreu	Não ocorreu	Calonego <i>et al.</i> (2010)
Produto comercial (10% de B)	V5 a R3	0,1 a 0,4	Não ocorreu	Não ocorreu	Kappes <i>et al.</i> (2008)
Produto comercial (16,7% de B)	V3 e R5	0,1 a 0,4	Não ocorreu	Não ocorreu	Silva <i>et al.</i> (2006)
Ácido bórico (17% de B)	R2, R4 e R6.	0,5 a 2	Ocorreu (+7%)	Ocorreu (+14%)	Varanda <i>et al.</i> (2018)
Produto comercial (66,14% B ₂ O ₃)	R2	0,3 a 1,3	Ocorreu (+ 6%)	Ocorreu (+ 36%)	Cirak <i>et al.</i> (2006)

Resultados semelhantes foram encontrados por Kappes *et al.* (2008) quando trabalharam com aplicação foliar de B nos estádios V5, V9 e R3, com doses do nutriente entre 0,1 e 0,4 kg ha⁻¹. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2018), quando trabalhou com a aplicação foliar do micronutriente com doses de entre 0,1 e 0,4 kg ha⁻¹ aplicadas em V3 e R5. Os autores justificam que a resposta negativa a aplicação do B via foliar nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, possa ter sido devido ao bom suprimento de B via solo, a cultivares não responsivas a aplicação foliar desse micronutriente e mesmo a boa disponibilidade hídrica durante o desenvolvimento da cultura. Trabalhando com a cultura do feijoeiro, Silva *et al.* (2006) também não obtiveram incrementos no PMS e rendimento de grãos, quando realizou a aplicação de boro no estágio reprodutivo da cultura.

Por outro lado, não corroborando com os resultados acima apresentados, Varanda *et al.* (2018) quando trabalhou com a aplicação foliar de boro na cultura da soja nos estádios

reprodutivos de R2, R4 e R6, com doses crescentes de 0,5 a 2 kg ha⁻¹, encontrou incrementos significativos no PMS e na produtividade da cultura da soja. Para o PMS o autor encontrou incremento de aproximadamente 7% em relação à testemunha, passando de 174 g, para 184,4 gramas com a aplicação da dose de 1 kg ha⁻¹ de boro via foliar, no estágio reprodutivo de R4, ao mesmo tempo em que para os estádios reprodutivos de R2 e R6, obteve resultados decrescentes para essa variável conforme aumento das doses, fator esse deixa bem claro a importância da época de aplicação de boro via foliar na soja.

Em relação à produtividade o mesmo autor observou que a aplicação do boro via foliar foi mais responsiva no estágio R2, na dose de 1,5 kg ha⁻¹, atingindo 3.429 kg ha⁻¹, chegando próximo a 7 sacas de incremento de produtividade em relação a testemunha. Cirak *et al.* (2006), também obtiveram incrementos significativos para o PMS e produtividade, quando trabalharam com a aplicação foliar de boro no estágio reprodutivo de R2, nas doses crescentes de 0,3 a 1,3 kg ha⁻¹ de boro, onde que com a dose de 0,65 kg ha⁻¹ de boro obtiveram incremento de aproximadamente 6% para o PMS e com 1 kg ha⁻¹ de boro incrementos de 36% para a produtividade em relação a testemunha.

A explicação que pode ser atribuída aos resultados positivos encontrados por Varanda *et al.* (2018) e Cirak *et al.* (2006) em relação aos demais pesquisadores, pode estar atrelada a altas doses aplicadas em relação aos demais, e a possível baixa fertilidade do solo onde o experimento foi instalado, ou até mesmo as características físicas do solo (solo arenoso). Outro fator que pode ter sido relevante é a aplicação na época adequada. Para Souza *et al.* 2022, a época de maior demanda de nutrientes pelas plantas de soja é R1 a R5. Outro fator importante é que o boro não é retranslocado na planta, via floema, podendo destacar-se dessa forma a importância da aplicação deste nutriente na fase de floração ou pós-floração para haver um efeito sobre o rendimento de grãos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os micronutrientes Mo, Co e B desempenham papéis fundamentais em atividades metabólicas da planta de soja. A deficiência de Mo e Co pode afetar a eficiência do processo simbiótico de fixação biológica de nitrogênio. O Boro por sua vez participa de processos fisiológicos como germinação do grão de pólen, crescimento do tubo polínico e pegamento de flores e granação.

O suprimento dos mesmos em quantidades adequadas para a planta é fundamental para a obtenção de bons rendimentos de grãos e sementes de alta qualidade fisiológica. As formas de aplicação podem ser via solo, enriquecimento de sementes e via foliar.

A aplicação de micronutrientes como Mo, Co e B via foliar na cultura da soja, em diferentes doses e épocas de aplicação pode em algumas condições trazer resultados positivos, melhorando o rendimento de grãos da cultura bem como a qualidade fisiológica de sementes. Por outro lado, várias bibliografias mostram que essa aplicação não surte efeito para esses parâmetros.

As condições que justificam os resultados não significativos para a aplicação foliar desses micronutrientes na cultura da soja, segundo a revisão bibliográfica realizada, são: solos

com boa fertilidade, bom teor de matéria orgânica, acidez corrigida, condições climáticas favoráveis, épocas de aplicação inadequadas e até mesmo cultivares não responsivas.

Logo a existência de trabalhos com a aplicação de micronutrientes como Mo, Co e B via foliar na cultura da soja, tanto para qualidade fisiológica de sementes como para rendimento de grãos é escassa e os resultados encontrados na bibliografia controversos.

Dessa forma é notória a necessidade de realização de demais trabalhos que venham evidenciar a influência desses micronutrientes, principalmente para a qualidade fisiológica de sementes.

REFERÊNCIAS

- ABREU-JUNIOR, C. H.; GRUBERGER, G. A. C.; CARDOSO, P. H. S.; GONÇALVES, P. W. B.; NOGUEIRA, T. A. R.; CAPRA, G. F.; JANI, A. D. Soybean Seed Enrichment with Cobalt and Molybdenum as an Alternative to Conventional Seed Treatment. **Plants**, v. 12, n. 5, p. 1164, 2023.
- ABRANTES, F. L.; DE SÁ, M. E.; DA SILVA, M. P.; DE SOUZA, L. C. D.; ARRUDA, N. Qualidade fisiológica de sementes de feijão em função de sistemas de manejo de solo e adubação foliar com boro. **Revista Cultura Agronômica**, v. 24, n. 2, p. 167-180, 2015.
- ANDERSON, G. C.; PATHAN, S.; EASTON, J.; HALL, D. J.; SHARMA, R. Short- and long-term effects of lime and gypsum applications on acid soils in a water-limited environment: 1. grain yield response and nutrient concentration. **Agronomy**, v. 10, n. 8, p.1213, 2020.
- ASCOLI, A. A.; SORATTO, R. P.; MARUYAMA, W. I. Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 377-384, 2008.
- BELLALOU, N.; SMITH, J. R.; MENGISTU, A. Seed nutrition and quality, seed coat boron and lignin are influenced by delayed harvest in exotically-derived soybean breeding lines under high heat. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1563, 2017.
- BAGALE, S. Nutrient management for soybean crops. *International Journal of Agronomy*, p 1-10, 2021.
- BÁRBARO, I. M.; DA CRUZ CENTURIO, M. A. P.; GAVIOLI, E. A.; SARTI, D. G. P.; JÚNIOR, L. S. B.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B. Análise de cultivares de soja em resposta à inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio. **Ceres**, v. 56, n. 3, 2015.
- BRDAR-JOKANOVIĆ, M. Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 4, p. 1424, 2020.

- BARON, F. A.; CORASSA JUNIOR, G. M.; FIORESI, D.; SANTI, A. L.; MARTINI, R. T.; KULCZYNSKI, S. M. Physiological quality of soybean seeds under different yield environments and plant density. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 237-242, 2022.
- BOSSOLANI, J. W.; CRUSCIOL, C. A. C.; MORETTI, L. G.; GARCIA, A.; PORTUGAL, J. R.; BERNART, L.; DOS REIS, A. R. Improving soil fertility with lime and phosphogypsum enhances soybean yield and physiological characteristics. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 2, p. 26, 2022.
- BIANCHI, M. C.; VILELA, N. J. D.; CARVALHO, E. R.; PIRES, R. M. D. O.; SANTOS, H. O. D.; BRUZI, A. T. Soybean seed size: how does it affect crop development and physiological seed quality?. **Journal of Seed Science**, v. 44, 202.
- BRANDELERO, F. D.; KUTZ, T. S.; VARGAS, T. D. O.; MODOLO, A. J.; CASSOL, L. C.; OLIVEIRA, M. D. C.; SANTOS, R. H. S. Foliar application of molybdenum on cover crops and response of common beans in successive cultivation. **Revista Ceres**, v. 67, p. 35-41, 2020.
- CALONEGO, J. C.; OCANI, K.; OCANI, M.; SANTOS, C. H. Adubação borratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 6, n.2, p. 20-26, 2010.
- CHATTERJEE, S.; MUKHERJEE, D.; SHARMA, S.; CHOUDHURI, P. Managing boron and zinc deficiency in vegetable crops. **Innovative Farming**, v. 3, n. 2, p. 72-76, 2018.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). (2023). Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2022/2023: Décimo levantamento – Novembro/2022. Brasília, DF: Conab. Obtido em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.
- CESARIN, V. **Manejo de micronutrientes na cultura da soja**. ipni international plant nutrition institute (IPNI), Brasil. 2018.
- CIRAK, C.; ODABAS, M. S.; KEVSEROGLU, K.; KARACA, E.; GULUMSER, A. Response of soybean (*Glycine max*) to soil and foliar applied boron at different rates. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 76, n. 10, p. 603, 2006
- CONCEIÇÃO, G. M.; CUNHA, V. D. S.; FIPKE, G. M.; BRUNING, L. A.; ROSSATO, A. D. C.; MARTIN, T. N. Mineral supplementation of soybean seeds with different initial nutrient levels. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 42, 2020.
- CORTESE, D.; PIEROZAN JUNIOR, C.; WALTER, J. B.; CORTESE, D.; OLIVEIRA, S. M. D. Enrichment, quality, and productivity of soybean seeds with cobalt and molybdenum applications. **Journal of Seed Science**, v. 41, p. 144-150, 2019.

COMIRAN, A. G.; PEREIRA, C. S.; FIORINI, I. V. A.; GALDINO, P. L. F.; MORAGA, F. G.; SILVA, A. A. Modes of application with Cobalt and Molybdenum fertilizations in different stages of soybean development and yield of soybean. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 3, p. 31-37, 2020.

COSTA, C. J.; MENEGHELLO, G. E.; JORGE, M. H. A.; COSTA, E. The importance of physiological quality of seeds for agriculture. **Colloquium Agrariae**, v. 17, n. 4, p. 102-119, 2021.

DALMOLIN, A. K.; DA SILVA ALMEIDA, A.; RODRIGUES, D. B.; MARTINS, A. B.; GEWEHR, E.; DENARDIN, N. D.; DE TUNES, L. V. M. Aplicação foliar de molibdênio e cobalto na soja cultura: rendimento e qualidade de sementes. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 43873-43885, 2021.

DASS, A.; RAJANNA, G. A.; BABU, S.; LAL, S. K.; CHOUDHARY, A. K.; SINGH, R.; KUMAR, B. Foliar application of macro-and micronutrients improves the productivity, economic returns, and resource-use efficiency of soybean in a semiarid climate. **Sustainability**, v. 14, n.10, p. 5825, 2022.

DA SILVA GOMES, I.; BENETT, C. G. S. Boron fertilisation at different phenological stages of soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 8, p. 1026-1032, 2017.

DENTON-THOMPSON, S. M.; SAYER, E. J. Micronutrients in food production: what can we learn from natural ecosystems?. **Soil Systems**, v. 6, n. 1, p. 8, 2022.

DIESEL, P.; DA SILVA, C. A. T.; DA SILVA, T. R. B.; NOLLA, A. Molibdênio e cobalto no desenvolvimento da cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, n. 8, p. 169-174. 2011.

DJURIĆ, M.; MLADENOVIĆ, J.; RADOVANOVIĆ, B.; MURTIĆ, S.; AĆAMOVIĆ-DJOKOVIĆ, G.; PAVLOVIĆ, R.; BOŠKOVIĆ-RAKOČEVIĆ, L. Effect of liming on the molybdenum content in the root and leaf of tomato grown on pseudogley under controlled conditions. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 83, p. 19402-19406, 2011.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; MARTIN, T. N.; SILVA, M. R. D.; PAVINATO, P. S.; HABITZREITER, T. L. Adubação mineral com cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 2741-2752, 2012.

ELLIS, R. H. Temporal patterns of seed quality development, decline, and timing of maximum quality during seed development and maturation. **Seed Science Research**, v. 29, n. 2, p.135-142, 2019.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja em números (Safrá 2019/2020)**. Londrina, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 08 de Out. 2020.

FROTA, R. T.; CARVALHO, I. R.; LORO, M. V.; DEMARI, G. H., HUTRA, D. J.; LAUTENCHLEGER, F.; AUMONDE, T. Z. Molybdenum and potassium in the foliar fertilization and seed quality in the soybean. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 6, p. 1-9, 2020.

HANSEL, F. D.; DE OLIVEIRA, M. L. **Importância dos micronutrientes na cultura da soja no brasil. Informações agrônomicas** nº 153. International plant nutrition institute, São Paulo, 2016.

HU, X.; WEI, X.; LING, J.; CHEN, J. Cobalt: an essential micronutrient for plant growth?. **Frontiers in Plant Science**, 2370, 2021.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all**. Rome, FAO, 2021.

GALDINO, P. L. G.; PEREIRA, C. S.; FIORINI, I. V. A.; MORAGA, F. G.; COMIRAN, A. G.; SILVA, A. A. Cobalt and Molybdenum applicated via leaf in the growth vegetative and yield of soybean. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 4, p. 51-59, 2020.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA, M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M.; LUDKIEWICZ, M. G.; BAGGIO, G. Modes of application of cobalt, molybdenum and *Azospirillum brasilense* on soybean yield and profitability. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 180-185, 2021.

GARCÍA-SÁNCHEZ, F.; SIMÓN-GRAO, S.; MARTÍNEZ-NICOLÁS, J. J.; ALFOSEA-SIMÓN, M.; LIU, C.; CHATZISSAVVIDIS, C.; CÁMARA-ZAPATA, J. M. Multiple stresses occurring with boron toxicity and deficiency in plants. **Journal of hazardous Materials**, v. 397, p. 122713, 2020.

GALERIANI, T. M.; NEVES, G. O.; SANTOS FERREIRA, J. H.; OLIVEIRA, R. N.; OLIVEIRA, S. L.; CALONEGO, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Calcium and Boron Fertilization Improves Soybean Photosynthetic Efficiency and Grain Yield. **Plants**, v. 11, n. 21, p. 2937, 2022.

JOHNSON, K. H.; KRISHNA, T. A.; DASH, M., THIYAGESHWARI, S.; CEASAR, S. A.; SELVI, D. (2023). Food and nutritional security: innovative approaches for improving micronutrient use efficiency in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) under hostile soils. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 23, n. 1, p. 56-70, 2023.

KAPPES, C.; GOLLO, A. L.; CARVALHO, M. A. C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agrônomicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, v.9, n.3, p.291-297, 2008.

KOMALA, N. T.; SUMALATHA, G. M.; GURUMURTHY, R.; SURENDRA, P. Seed quality enhancement techniques. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 1S, p. 3124-3128, 2018.

LEITE, U. T.; ARAÚJO, G. A. D. A.; MIRANDA, G. V. D.; VIEIRA, R. F.; PIRES, A. A. Influência do conteúdo de molibdênio na qualidade fisiológica da semente de feijão: cultivares Novo Jalo e Meia Noite. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 225-231, 2009.

LI, Y.; CUI, S.; CHANG, S. X.; ZHANG, Q. Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. **Journal of Soils and Sediments**, v. 19, p. 1393-1406, 2019.

LU, J.; CHENG, J. H.; XU, Y.; CHEN, Y.; QIAN, K.; ZHANG, Y. Effect of germination on nutritional quality of soybean. **Food Science and Technology**, v. 43, p. e008323, 2023.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia agricola**, v. 72, p. 363-374, 2015.

MARTÍNEZ-BALLESTA, M. D. C.; EGEE-GILABERT, C.; CONESA, E.; OCHOA, J.; VICENTE, M. J.; FRANCO, J. A.; FERNÁNDEZ, J. A. The importance of ion homeostasis and nutrient status in seed development and germination. **Agronomy**, v.10, n. 4, p. 504, 2020.

MATA, F. S. D.; ALMEIDA, J. A. R.; REIS, T. C.; SOUZA, D. S.; MAURICIO, I. S. Eficiência da fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja com aplicação de 34 diferentes doses de molibdênio (Mo) e cobalto (Co). **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 2, p. 15-22, 2011.

MILANI, G. L.; OLIVEIRA, J. A.; PEREIRA, E. D. M.; CARVALHO, B. O.; OLIVEIRA, G. E.; COSTA, R. R. Aplicação foliar de molibdênio durante a maturação de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 810-816, 2010.

MODGIL, R.; TANWAR, B.; GOYAL, A.; KUMAR, V. Soybean (*Glycine max*). Oilseeds: **Health attributes and food applications**, p. 1-46, 2021.

MONDAL, S.; BOSE, B. Impact of micronutrient seed priming on germination, growth, development, nutritional status and yield aspects of plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 19, p. 2577-2599, 2019.

MONDO, V. H. V.; GOMES JUNIOR, F. G.; PINTO, T. L. F.; MARCHI, J. L. D.; MOTOMIYA, A. V. D. A.; MOLIN, J. P.; CICERO, S. M. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 193-201, 2012.

NAKAO, A.; VAZQUEZ, G.; OLIVEIRA, C.; SILVA, J.; SOUZA, M. F. Aplicação foliar de molibdênio em soja: efeitos na produtividade e qualidade fisiológica da semente. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, 2014.

NAKAO, A. H.; COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; SOUZA, M. F. P.; DICKMANN, L.; CENTENO, D. C.; CATALANI, G. C. Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação foliar com boro e zinco. **Revista Cultura Agronômica**, v. 27, n. 3, p. 312-327, 2018.

NEJAD, S. A. G.; ETESAMI, H. The importance of boron in plant nutrition. metalloids in plants: **Advances and Future prospects**, p. 433-449, 2020

NICOLÉTIS, É.; CARON, P.; EL SOLH, M.; COLE, M.; FRESCO, L. O.; GODOY-FAÚNDEZ, A.; ZURAYK, R. Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the **Committee on World Food Security**, 2019.

OLIVEIRA, S. L.; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, V. A.; GALERIANI, T. M.; PORTUGAL, J. R.; BOSSOLANI, J. W.; CANTARELLA, H. Molybdenum foliar fertilization improves photosynthetic metabolism and grain yields of field-grown soybean and maize. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

PEREIRA, G. L.; SIQUEIRA, J. A.; BATISTA-SILVA, W.; CARDOSO, F. B.; NUNES-NESI, A.; ARAÚJO, W. L. Boron: more than an essential element for land plants?. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 610307, 2021

PIONNER SEMENTES. **Agronegócio em foco: Estimando a produtividade da cultura da soja**. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/blog/46/estimando-a-produtividade-na-cultura-da-soja>. Acesso em: 24 de set. de 2020.

POSSENTI, J. C.; VILLELA, F. A. Efeito do molibdênio aplicado via foliar e via sementes sobre o potencial fisiológico e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 143-150, 2010.

REED, R. C.; BRADFORD, K. J.; KHANDAY, I. Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. **Heredity**, v. 128, n. 6, p. 450-459, 2022.

REIS, C. J.; SORATTO, R. P.; BISCARO, G. A.; KULCZYNSKI, S. M.; FENANDES, D. S. Doses e modos de aplicação de boro na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão em solo de cerrado. **Revista Ceres**, v. 55, n.4, p. 258-264, 2008.

REHMAN, A. U.; FATIMA, Z.; QAMAR, R.; FARUKH, F.; ALWAHIBI, M. S.; HUSSAIN, M. The impact of boron seed priming on seedling establishment, growth, and grain biofortification of mungbean (*Vigna radiata* L.) in yermosols. **Plos one**, v.17, n. 3, p.e0265956, 2022.

ROYCHOUDHURY, A.; CHAKRABORTY, S. Cobalt and molybdenum: deficiency, toxicity, and nutritional role in plant growth and development. In Plant nutrition and food security in the era of climate change **Academic Press**. p. 255-270, 2022.

SANTOS, T. G.; BATTISTI, R.; CASAROLI, D.; ALVES JR, J.; EVANGELISTA, A. W. P. Assessment of agricultural efficiency and yield gap for soybean in the Brazilian Central Cerrado biome. **Bragantia**, v. 80, p. e1821, 2021.

SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; BÍSCARO, T.; LEMOS, L. B. Aplicação foliar de boro e cálcio no feijoeiro. **Científica**, v.34, n.1, p. 46 - 52, 2006.

SILVA, A. D.; FRANZINI, V. I.; PICCOLLA, C. D.; MURAOKA, T. Molybdenum supply and biological fixation of nitrogen by two Brazilian common bean cultivars. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 100-105, 2017.

SINGH, A. K.; SINGH, J. P.; SINGH, J. P. Boron in crop production from soil to plant system: a review. **Arch Agric Environ Sci**, v. 5, n. 2, p. 218-222, 2020.

SOUZA, E. S. D.; ROMAM, M. S.; SCHEDENFFELDT, B. F.; MEDEIROS, E. S. D.; SILVA, P. V. D.; MAUAD, M. Does the application of boron in different stages of soy crop affect its productivity?. **Rev. Ciênc. Agrovet**, p. 395-401, 2022.

SUZANA, C.S.; BRUNETTO, A.; MARANGON, D; TONELLO, A; KULCZYNSKI, S,M. Influência da adubação foliar sobre a qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.8, n.15; p. 2 3 8 5 2012.

THAPA, S.; BHANDARI, A.; GHIMIRE, R.; XUE, Q., KIDWARO, F.; GHATREHSAMANI, S.; GOODWIN, M. Managing micronutrients for improving soil fertility, health, and soybean yield. **Sustainability**, v. 13, n. 21, p. 11766, 2021.

TAVANTI, T. R.; DE MELO, A. A. R.; MOREIRA, L. D. K.; SANCHEZ, D. E. J.; DOS SANTOS SILVA, R.; DA SILVA, R. M.; DOS REIS, A. R. Micronutrient fertilization enhances ROS scavenging system for alleviation of abiotic stresses in plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 160, p. 386-396, 2021.

TRASPADINI, E. I.; WADT, P. G.; MELLO-PRADO, R. D.; GARCIA-ROQUE, C.; ROBERTO-WASSOLOWSKI, C.; VIDAL-PEREZ, D. Efficiency of critical level and compositional nutrient diagnosis methods to evaluate boron nutritional status in soybean. **Chilean journal of agricultural research**, v. 82, n. 2, p. 309-319, 2022.

VARANDA, M. A. F.; MENEGON, M. Z.; NASCIMENTO, V. L.; CAPONE, A.; BARROS, H. B. Effects of boron foliar application on soybean yield in the irrigated lowland. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 11, n. 2, p. 15-22, 2018.

VEIGA, J. S. B.; HENNIPMAN, P. S.; DE CARVALHO, T. C. Comparison of viability and vigor tests in soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill.). **Applied Research & Agrotechnology**, v. 13, p. 6063-1, 2020.

ZEWIDE, I.; SHEREFU, A. Review Paper on Effect of Micronutrients for Crop Production. **J. Nutr. Food Process**, v.4, n. 7, 2021.

ZOLFAGHARI GHESHLAGHI, M.; PASARI, B.; SHAMS, K.; ROKHZADI, A.; MOHAMMADI, K. The effect of micronutrient foliar application on yield, seed quality and some biochemical traits of soybean cultivars under drought stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n.20, p. 2715-2730, 2019.