



# CAPÍTULO 10

## EFEITOS E IMPORTÂNCIA DOS MICRONUTRIENTES NO POTENCIAL PRODUTIVO DAS CULTURAS DE SOJA E MILHO

DOI 10.47402/ed.ep.c2023198610907

Marcos Cabral Massariol Filho  
João Victor Silva dos Santos  
Emanuele Monteiro Rodrigues  
Alysson Soares da Rocha  
Clauber Rosanova  
Antônio Carlos Silveira Gonçalves  
Otavio Cabral Neto

### RESUMO

O correto balanço nutricional é base primordial do desenvolvimento vegetal. Com base nisso, ter ciência dos efeitos obtidos na disponibilização dos elementos necessários às culturas protagonistas no Brasil, a soja e o milho, traz à tona a real importância dos micronutrientes na agricultura e seus impactos diretos na produtividade final, além disso, é possível verificar através de análises sistematizadas se a aplicação complementar ou suplementar desses elementos superou o custo de sua aplicação e aquisição, fatores que a princípio, afetam diretamente o ganho real final ao produtor, viabilizando ou não a prática. Por meio de uma revisão bibliográfica acurada é plausível obter um panorama relativo dos efeitos alcançados com a suplementação por diversas vias de aplicação, desde o tratamento de sementes até mesmo via foliar, nos diferentes estágios vegetativos, não limitando-se apenas a um determinado elemento, mas a todos disponíveis no mercado dos quais há estudos relacionados e destacando os efeitos encontrados, sejam benéficos, prejudiciais ou sem alteração estatística.

**Palavras-chave:** Nutrição vegetal, produtividade, fertilidade, *Glycine max*, *Zea mays*.

### Abstract

The correct nutritional balance is the primordial basis of plant development. Based on this, being aware of the effects obtained in the availability of the necessary elements for the main crops in Brazil, soybeans and corn, brings to light the real importance of micronutrients in agriculture and their direct impacts on final productivity, in addition, it is possible to verify through systematic analyzes if the complementary or supplementary application of these elements exceeded the cost of its application and acquisition, factors that, in principle, directly affect the final real gain to the producer, making the practice viable or not. Through an accurate bibliographic review, it is plausible to obtain a relative overview of the effects achieved with supplementation by different application routes, from seed treatment to even foliar application, in the different vegetative stages, not limited to just one particular element, but to all available on the market which have related studies and highlighting the effects found, whether beneficial, harmful or without statistical change.

**Keywords:** Plant nutrition, productivity, fertility, *Glycine max*, *Zea mays*.



## 1. INTRODUÇÃO

A importância da soja no cenário do agronegócio brasileiro é notável, seja do ponto de vista econômico das exportações ou até como uma alternativa alimentar muito requisitada, com mais de 40% de proteína e 34% de carboidratos essenciais (EMBRAPA, 2010), sendo o Brasil, o maior produtor mundial do grão. Nessa perspectiva, a produção de grãos no Brasil vem avançando gradativamente à medida que novas tecnologias chegam ao produtor, contribuindo para uma produção final na safra 2021/2022 de 113,2 milhões de toneladas de milho, um aumento de 30% em relação ao ciclo anterior. (CONAB, 2022).

Uma adubação ineficiente gera transtornos ao produtor à medida que limita o potencial produtivo da planta, prejudicando os estágios iniciais de desenvolvimento e a fase de enchimento de grãos, como consequência, há uma diminuição na produtividade final. Problemas estes que poderiam, em parte, serem evitados com uma maior atenção aos níveis relativos de micronutrientes disponibilizados para a planta, dos mais diversos modos e em diferentes momentos do crescimento vegetativo. (EMBRAPA, 2006).

Através de uma análise de artigos relacionados é possível identificar e categorizar os efeitos da disponibilização de micronutrientes seja na aplicação foliar, de cobertura ou no tratamento de sementes, seus impactos no total produzido, e assim conjecturar acerca da importância de uma aplicação eficiente nas culturas de Soja e Milho.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho objetivou realizar um levantamento dos artigos publicados em periódicos científicos, sites renomados, livros e revistas da área de Ciências Agrárias, sobre os efeitos da aplicação de micronutrientes no potencial produtivo das culturas de Soja e Milho. Como estratégia de busca foram utilizadas as palavras chaves (Nutrição vegetal, produtividade, fertilidade, *Glycine max*, *Zea mays*) como norteadoras e a busca foi realizada virtualmente. Após o levantamento, foram encontrados 17 documentos relacionados, que posteriormente adotou-se o critério de selecionar os documentos mais atuais (2017-2022), restando 11 que foram usados neste artigo de revisão, sendo apenas 6 anteriores a 2017.



### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. A importância da Soja**

A soja (*Glycine max L.*), que há muito foi domesticada e introduzida na cadeia produtiva mundial, tornou-se muito viável em território brasileiro, devido baixa exigência e alta resistência (GONÇALVES e YADA, 2019), a leguminosa apresenta-se como recurso protéico importantíssimo na alimentação animal (GOUVEIA et.al, 2020), passando também a compor parte relevante da nutrição humana, visto que sua grande disponibilidade no mercado.

No âmbito comercial, a soja representa grande parte das exportações nacionais e dispõe de uma fatia substancial dos investimentos em tecnologia produtiva durante as safras (SOUZA, 2019), sendo assim, seu valor comercial intrínseco torna-se um grande atrativo para a busca de melhoramentos agronômicos no campo comercial e produtivo, contando com cada vez mais com tecnologias de ponta e comercialização em larga escala (PEREIRA, 2021).

#### **3.2. A importância do Milho**

O milho (*Zea mays L.*) deixou para trás nas últimas décadas concorrentes como arroz e trigo, alcançando o patamar de maior cultura agrícola do mundo, sendo a única a ultrapassar 1 bilhão de toneladas. O uso diversificado dessa cultura é notado como sua maior importância, estimativas apontam para mais de 3.500 aplicações. Com este cereal é possível produzir uma infinidade de produtos, como combustíveis, bebidas e polímeros, além da sua importância na segurança alimentar, na alimentação humana e também na animal (MIRANDA, 2018).

O ecossistema produtivo do milho engloba uma imensa variedade de derivados produtivos, visto que seu alto valor nutricional, composição química e sua adaptabilidade contribuem para que seja considerado um dos cereais de maior importância mundial além de ser o mais produzido, elevando a cadeia de desenvolvimento tecnológico tanto agronômico quanto no momento da comercialização do grão (FRANÇA, 2022).

#### **3.4. Lei dos Mínimos**

A lei de Liebig ou mais conhecida como “Lei dos mínimos”, que trata de explicar o fator de crescimento vegetal baseando-se em um limite de déficit para determinado nutriente mesmo que todos os demais estejam disponíveis em suas doses necessárias



(EMBRAPA, 2017). Em detrimento da exigência nutricional da cultura, a Lei argumenta que, para o completo desenvolvimento vegetativo, deverá haver uma quantidade mínima de determinado nutriente disponível, ou seja, o crescimento da planta fica limitado por esse elemento em questão, baseado em sua disponibilidade no solo. (LIMA et al., 2019).

### **3.3. Micronutrientes**

Com os avanços da agricultura moderna, uma atenção voltada para a importância dos micronutrientes no meio produtivo veio à tona, visto a sua essencialidade intrínseca, as correções nutricionais realizadas tornam-se parte da agricultura de precisão, dada a baixa necessidade metabólica necessária e os custos de aplicação, entretanto os efeitos da negligência da apresentação desses elementos à planta demonstram que o cultivo torna-se inviável e improdutivo (NETO e MACHADO, 2019). Como elementos principais apresentam-se: Zn, Fe, Mn, B, Cl, Cu, Mo (MANFRO, 2020).

Benefícios diretos como a influência na captação e na eficiência do uso de nitrogênio e água pela planta, promovendo tolerância a estresses bióticos e abióticos são exemplos do que pode ser proporcionado pelo correto manejo dos micronutrientes (ALVES, 2022). Em processos bioquímicos e fisiológicos durante a germinação e estabelecimento das plântulas no campo, observa-se uma importante função na estabilização da membrana (ALVES, 2022).

### **3.4 Vias de aplicação**

Devido a dificuldade de serem aplicados em suas formas químicas naturais, os micronutrientes necessitam de uma aplicação por meio de compostos que possuam em sua formulação as quantidades viáveis de nutrientes, que em sua grande maioria estão dispostos em óxidos, sulfatos e silicatos. Aplicação via foliar, fertirrigação, inoculação nas sementes ou raízes de mudas, além da deposição direta no sulco, são algumas das formas de aplicação que visam maior eficiência e uniformidade (SANTOS, 2013). Todavia, o fornecimento via inoculação nas sementes, em comparação aos demais citados, demanda uma menor quantidade de material, tornando-se a opção mais economicamente viável e com menor complexidade de execução, colaborando para um bom custo-benefício aliado ao melhor desenvolvimento inicial das plântulas (ALVES, 2022).



### 3.5 Acerca da aplicação de micronutrientes na soja

A questão dos micronutrientes vem sendo mais explorada nas regiões do cerrado, onde BROCH & FERNANDES (1999) comprovaram ao analisarem 12 estudos com micronutrientes aplicados via sementes, onde resultou em um aumento de até 7,9 sacas por ha-1 na sua produtividade.

Em um dos experimentos realizados pelos pesquisadores da Embrapa Gedi Jorge Sfredo e Maria Cristina Neves de Oliveira, a aplicação de micronutrientes via semente se tornou bastante eficiente na produtividade e no peso das sementes. O aumento na produtividade dos três melhores tratamentos foi de 7,2 sacas ha-1 e, em 0,66g no peso de cem sementes. O aumento na produtividade, de todos os produtos utilizados, foi de 6,3 sacas ha-1 e em 0,53 g no peso de cem sementes. Segundo Gedi Jorge Sfredo (Broch & Fernandes, 1999), os dois micronutrientes que apresentaram o melhor desempenho foram os que apresentaram somente Mo e Co na composição das sementes, mostrando que para esta região onde foi realizado o experimento (Maracaju/MS) cujo o bioma predominante é o cerrado, o aumento na produtividade da soja é devido ao uso de Mo e ao Co.

**Tabela 1.** Produtividade da soja (kg.ha-1), cv.CD-201, em resposta ao uso de micronutrientes via semente. Maracaju/MS. Fundação MS. 1991.

Tratamento	Dese.ha-1	g.ha-1		Produtividade		PCS g	Variação	
		Mo	Co	kg.ha-1	sc.ha-1		sc.ha-1	%
GRAP 180	100 ml	18	2	3522 a <sup>2</sup>	58,7	14,5 ab	7,9	15,4
GRAP MoCo	100 g	25	2	3465 ab	57,8	14,4 abc	6,9	13,6
GRAP RF - 48	200 g	20	2	3463 ab	57,7	14,6 a	6,9	13,5
GRAP - J	200 g	30	2	3463 ab	57,7	14,5 ab	6,9	13,5
GRAP 12 Fluid	300 ml	18	3	3227 bc	53,8	14,0 bc	2,9	5,8
Testemunha	.....	.....	.....	3051 c	50,9	13,9 c	0,0	0,0
C.V. (%)	6,00							

### 3.6 Acerca da aplicação de micronutrientes no milho

Um estudo que foi aplicado extrato de alga juntamente com zinco apresentou resultados positivos para indicar os seguintes parâmetros avaliados (comprimento radicular, altura da parte aérea, massa fresca sistema radicular e massa fresca parte aérea), quando foram submetidos ao teste tukey ao nível de 5% (FRANÇA, 2022).



**Tabela 2.** Médias variáveis em comprimento radicular (cm) de milho cultivado com diferentes doses de zinco e bioestimulante realizado em São Gotardo, 2021.

Descrição dos tratamentos	Comprimento sistema radicular (cm)
1- Testemunha	47,30a
2 - Extrato de algas	49,53a
3 - Zinco	55,60b
4 - Zinco + extrato de algas	58,00c

O zinco e o extrato de algas quando aplicados em conjunto, proporcionam maior estímulo à produção de hormônios ligados diretamente ao crescimento do sistema radicular; o zinco, por sua vez, tem função na produção triptofano o qual é precursor do hormônio auxina responsável pelo resultado encontrado, isso se explica, de acordo Malavolta (FRANÇA, 2022).

Um estudo realizado em Curitiba-PR 2019, apontou que a produtividade não significativamente afetada pelo tratamento de sementes com micronutrientes em geral, mas o micronutriente zinco de destaque que teve a maior probabilidade de efeito, independente da cultura (OHSE et al., 2019). A ausência do zinco é definida como um problema nutricional mundial para todas as culturas, além do milho, particularmente, para as poáceas que são exigentes neste micronutriente (OHSE et al., 2019).

O zinco apresenta inúmeras funções na planta, por exemplo, sua participação nas enzimas superóxido dismutase e catalase, as quais evitam efeitos deletérios das espécies reativas de oxigênio e, sua exigência para a síntese do aminoácido triptófano, precursor do ácido indolacético, principal auxina produzidas pelas plantas e, fitormônio que apresenta maior número de efeitos conhecidos (OHSE et al., 2019). Em plantas de milho deficientes em Zn, comumente se observa decréscimo do tamanho das plantas, devido à redução do comprimento dos internódios (OHSE,2019), o que se deve à participação do Zn na síntese de auxina (OHSE et al., 2019).

#### 4. CONCLUSÃO

Com base nos estudos analisados acerca dos efeitos dos micronutrientes e sua relação com a produtividade final nas culturas de soja (*Glycine max L.*) e milho (*Zea mays*



L.) , foi possível apurar que a aplicação via foliar ou por tratamento de semente, não obteve resultados muito positivos. Nas culturas de milho o micronutriente Zinco foi o que obteve uma resposta melhor em relação ao crescimento do sistema radicular, pois, o zinco estimula a planta a produzir esse hormônio chamado auxina, mas nenhuma resposta na melhora em relação a produtividade. Na cultura da soja, os produtos que tiveram o melhor desempenho com a aplicação via sementes foram o Molibdênio e o Cobalto, juntos eles obtiveram uma melhora significativa em relação a produtividade.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Rafael. Tratamento de sementes de soja com micronutrientes apresentando diferentes níveis de vigor: absorção durante a germinação e efeitos sobre o potencial fisiológico das sementes e desempenho inicial das plantas. Orientador: Prof. O Dr. Francisco Guilhien Gomes Junior. Dissertação - Área de concentração: Fitotecnia, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, p. 16-16, Piracicaba, 2022.

A Importância do Uso de Sementes de Soja de Alta Qualidade. Embrapa, 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/661047/1/ID30537.pdf>.

BONA, Fabiano. Fertilidade do solo: Fundamentos de algumas práticas II. Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355291/11618815/Fertilidade+do+Solo+-+Fundamentos+de+Algumas+Práticas+II.pdf/56254f5a-4231-46cf-beb4-395b0117df50?version=1.1wd>.

BROCH, D.L.; FERNANDES, C.H. Resposta da soja à aplicação de micronutrientes. Maracaju, MS : Fundação MS, 1999. 56p. (Informativo Técnico 02/99).

Cultivo de Tomate para Industrialização. Embrapa, 2006. Disponível em: [https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial\\_2ed/index.htm](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/index.htm).

FRANÇA, Wallace. Desenvolvimento inicial do milho (*Zea Mays*) a partir da aplicação de micronutrientes e extrato de algas. Orientador: Prof. M.sc. Caio de Oliveira Moreira. Artigo Científico - Agronomia, Centro de ensino superior de São Gotardo, São Gotardo, 2022.

LIMA, Francisco; LIMA, Manuela; VIEIRA, Jefferson; FERREIRA, Lucas; FERREIRA, Waldeo. Diagnose Visual no Cajueiro, Bahia, p. 1-1, outubro. 2019.

MANFRO, Sharlon. Aplicação de Micronutrientes no Tratamento de Sementes para Potencialização da Fixação Biológica de Nitrogênio na Cultura da Soja. Orientadora: Dra. Edilene Pereira Ferreira. Trabalho de Conclusão de Curso, FAMA, Sapezal, AM. 2020.



MACHADO, Guilherme; NETO, Sebastião; GONÇALVES, Ana. Uso de micronutrientes na agricultura: efeitos e aplicações. Revista Agronomia Brasileira, Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, SP, v. 3, p. 1-1, maio, 2019.

MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. A Granja, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

OHSE, Silvana; SANTOS, Jeferson; MELO, Wagner; MELO, Heverton. Potencial Produtivo do Milho em Função do Tratamento de Sementes com Micronutrientes e Inseticidas, Curitiba. 2019.

Produção de grãos atinge recorde na safra 2021/22 e chega a 271,2 milhões de toneladas. Conab, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4744-producao-de-graos-atinge-recorde-na-safra-2021-22-e-chega-a-271-2-milhoes-de-toneladas>

PEREIRA, Beatriz. Evolução Técnico-Econômica da Produção de Soja no Brasil: uma análise histórico-comparada. Orientador: Prof. O Dr. Marlon Vinícius Brisola. Dissertação, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, fevereiro. 2021.

SOUZA, klismann; BITTENCOURT, Geraldo. Avaliação do crescimento das exportações brasileiras de soja em grão. Revisão de Política Agrícola, n. 4, Universidade de Juiz de Fora, dezembro. 2019.

SANTOS, Gustavo. Formas de adição de micronutrientes a um formulado NPK e seu efeito sobre o desenvolvimento do milho. Orientador: Prof. O Dr. Gaspar Henrique Korndörfer. Dissertação - Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, p 10-10, Uberlândia, Minas Gerais. 2013.

SFREDO, Gedi Jorge; OLIVEIRA, Maria Cristina Neves de. Soja Molibdênio e Cobalto, Embrapa, Londrina, PR. 2010, [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18872/1/Doc\\_322\\_online1.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18872/1/Doc_322_online1.pdf).

YADA, Marcela; GONÇALVES, Leticia. Desempenho Brasileiro no Mercado da Soja e Sua Utilização na Alimentação de Bovinos. V SIMTEC, Faculdade de Taquaritinga, São Paulo. 2018.