

## Relação entre adubação e qualidade dos produtos agrícolas

Relation of fertilization and the quality of agricultural products

Relación entre la fertilización y la calidad de los productos agrícolas

Recebido: 02/03/2022 | Revisado: 09/03/2022 | Aceito: 12/03/2022 | Publicado: 20/03/2022

**Marcos Fabian Sanabria Franco**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7820-9037>

Universidade de São Paulo, Brasil

E-mail: [marcosfabiansanabria@gmail.com](mailto:marcosfabiansanabria@gmail.com)

**Enrique Ulises Arceda Delgado**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7647-3686>

Universidade Federal de Viçosa, Brasil

E-mail: [arceda14@gmail.com](mailto:arceda14@gmail.com)

### Resumo

No atual mercado agrícola com elevada produção e demanda, a qualidade é o principal fator decisivo entre os consumidores. Portanto, para se obter características de qualidade e produção satisfatórias, é fundamental um fornecimento balanceado de água e nutrientes durante o desenvolvimento da planta. Neste trabalho, buscam-se os resultados de pesquisas sobre a relação entre nutrição e qualidade de produtos agrícolas. Conclui-se que estratégias sustentáveis de manejo de água e fertilizantes podem melhorar a produtividade e a qualidade das matérias-primas, sendo também necessário compreender as funções fisiológicas individuais de cada nutriente e as características ecológicas e climáticas da produção para tomar decisões que garantam alta produção e ótima qualidade.

**Palavras-chave:** Qualidade; Nutrição; Produção.

### Abstract

In the current agricultural market with high production and demand, quality is the main decisive factor among consumers. Therefore, in order to obtain satisfactory quality and production characteristics, a balanced supply of water and nutrients during plant development is essential. In this work, we seek the results of research on the relationship between nutrition and quality of agricultural products. It is concluded that sustainable water and fertilizer management strategies can improve the productivity and quality of raw materials, and it is also necessary to understand the individual physiological functions of each nutrient and the ecological and climatic characteristics of production to make decisions that guarantee high-quality production.

**Keywords:** Quality; Nutrition; Production.

### Resumen

En el mercado agrícola actual con alta producción y demanda, la calidad es el principal factor decisivo entre los consumidores. Por lo tanto, para obtener características satisfactorias de calidad y producción, es esencial un suministro equilibrado de agua y nutrientes durante el desarrollo de la planta. En este trabajo se buscan los resultados de investigaciones sobre la relación entre la nutrición y la calidad de los productos agrícolas. Se concluye que las estrategias sostenibles de manejo de agua y fertilizantes pueden mejorar la productividad y calidad de las materias primas, además es necesario comprender las funciones fisiológicas individuales de cada nutriente y las características ecológicas y climáticas de la producción para tomar decisiones que garanticen alta calidad de la producción.

**Palabras clave:** Calidad; Nutrición; Producción.

## 1. Introdução

O foco da fertilização com o passar dos anos não só é aumentar a produtividade das lavouras, é melhorar a qualidade dos produtos obtidos. A qualidade e a produtividade são controladas geneticamente, mas também influenciados pelo meio: solo e clima (Faquin, 2005). Desde o ponto de vista conceptual as qualidades dos vegetais envolvem vários atributos, desde a aparência visual, textura, sabor, aroma, valor nutricional e segurança do alimento relacionada à fatores envolvidos desde as fases pré-colheita e pós-colheita da cadeia produtiva (Cenci, 2006).

A qualidade dos produtos agrícolas é afetada por variações fenotípicas, condições climáticas, e o sistema produtivo. Devem ser analisadas características nutricionais básicas (proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas, minerais, etc.), aparência visual (tamanho, forma, cor, etc.) e o sabor dos produtos vegetais que atendam às expectativas do consumidor. Estas características é influência pela nutrição na participação dos nutrientes em processos biológicos e fisiológicos da planta (Bertin & Genard, 2018; San Martín-Hernández, 2012; Hütsch et al., 2018; Revoredo-Giha et al., 2020).

O melhoramento genético vem procurando satisfazer os interesses econômicos e industriais da cadeia alimentar, tais como a produtividade, aparência, aceitabilidade, resistência a pragas e doenças, além da adaptabilidade a diferentes tipos de clima e de solos. Por isso, as pesquisas atuais e futuras realizam uma abordagem ampla com fins de melhorar a composição e valor qualitativo nutricional das matérias primas (Wang et al., 2019; Faquin, 2005; Revoredo-Giha et al., 2020).

Há muitas razões atuais pelas quais se produz produtos de melhor qualidade. O consumidor é mais exigente, o volume de oferta às vezes excessiva, as indústrias tem parâmetros qualitativos que deve atender às normas exigidas pelos países importadores ou para o processamento industrial, além disso, os produtos de qualidades possuem menor teor de substâncias não saudáveis que garantem sistemas agrícolas ecologicamente mais corretos (Popa et al., 2019; Hurtado-Barroso et al., 2019; Fanquin, 2005).

Os nutrientes desempenham funções estruturais, participam como constituintes na ativação enzimática da planta e atuam na regulação osmótica do vegetal (Taiz & Zeiger, 2013), pelo que o fornecimento de acordo as necessidades nutricionais das plantas se afiançam níveis crescentes de produtividade e qualidade. Pelos fatos mencionados, neste trabalho de revisão procurasse resultados de pesquisas que demonstram a influência das adubações na qualidade dos produtos agrícolas.

## **2. Metodologia**

A metodologia de elaboração desta revisão consistiu em uma pesquisa bibliográfica sistemática com a identificação de informações através de palavras-chave como; qualidade, nutrição, produtividade e sustentabilidade. O levantamento de dados foi feito por meio de dados bibliográfico disponível em bibliotecas virtuais, como Scielo, Scopus, ScienceDirect, além de pesquisas de dissertações e teses para a discussão deste assunto.

Esta pesquisa teve, como objetivo, demonstrar a influência das adubações na qualidade dos produtos agrícolas. Desta forma, esta revisão fornece uma visão sobre a importância o uso equilibrado de adubos na produção agrícola através do gerenciamento sustentável dos recursos naturais para maior segurança alimentícia. Além de isso, aborda as fontes de matérias primas de interesse econômica para o homem como são a produção de fibras, óleos, frutos, grão, tubérculos, raízes e plantas que fornecem açúcar.

## **3. Revisão de Literatura**

### **3.1 Os nutrientes na produção agrícola**

A fertilização feita de acordo com os resultados da análise do solo sem considerar as necessidades das culturas e a rotação das culturas não representa uma maneira específica de aumentar a fertilidade do solo (Ştefan et al. 2018). Analisar indicadores físicos, químicos e biológicos do solo separadamente, representa um erro em sistemas produtivos num mundo agrícola que exigem práticas mais integrais (Bonfante et al., 2019).

Segundo Stoorvogel et al. (2019) e Bonfante et al. (2019) para obter qualidade do solo e a saúde do solo é necessário ter dados com base em princípios científicos reprodutíveis que podem ser aplicados em todo o mundo com o fim de melhorar o manejo dos solos. À maximização do rendimento e características de qualidade são fatos dependentes de sistemas produtivos e regímenes de fertilizações minerais orientadas na satisfação do consumidor (Sonntag et al., 2019; Grimes et al., 2019).

A produção de fibra, óleo, açúcar, grãos e frutas baseado na relação entre fertilidade e qualidade do produto há sido resultado de extensas pesquisas através dos anos. Além disso, vem se procurando diminuir o efeito de alguns elementos tóxicos para as plantas e seu impacto sobre a qualidade do produto e principalmente ao consumidor.

### 3.2 Produção de Fibra

Quando se aborda a produção de fibra a principal fonte para a indústria têxtil de boa qualidade é o algodão, aonde os números mais altos de cápsula resultam associados ao aumento do conteúdo de sacarose e amido em botões florais, provenientes da nutrição e da partição dos foto-assimilados (Fang et al., 2019).

Para Shahzad et al. (2019), há vários fatores na adubação do algodoeiro, umas delas é a melhor relação custo-benefício, a disponibilidade de níveis de água e as variedades ao ser utilizada. Assim, para obter qualidade de fibra são fundamentais as adubações equilibradas com taxa moderadas de nitrogênio, isto para coordenar o crescimento fonte-sumidouro de algodão no estágio final (Yu et al., 2019).

O N aumenta o rendimento do algodão no índice micronaire, no entanto se ela é muito elevada, há uma diminuição no comprometimento da fibra, também gera excesso de biomassa o qual representa maior uso de indutores de crescimento. Igualmente tem que se levar em consideração o uso de fontes e doses de potássio, já que elas desempenham um papel crucial nas atividades fotossintéticas e enzimáticas, que acrescenta a eficiência da utilização de nutrientes, gerando maior produção de sementes, maturidade mais homogênea e melhores caracteres de qualidade, além disso, há maior produtividade e lucratividade da cultura (Ma et al., 2020; Hussain et al., 2020; Leal et al., 2020; Chen et al., 2019; Arif et al., 2019).

Num experimento feito por Echer, et al. (2020), em que avaliaram os efeitos do nitrogênio (N), teores de fósforo (P) e potássio (K) no rendimento e na qualidade das fibras de cultivares de algodão com diferentes ciclos de maturação e gradientes de fertilidade química, eles obtiveram resultados onde o uso de 100% ou 150% do nitrogênio (N) recomendado, fósforo (P) e dose de potássio (K) aumentaram a qualidade da fibra.

Embora os autores finalizassem que isso não se aplica aos valores da micronaire, onde os valores diminuiriam com o aumento da fertilidade em 70% das cultivares analisadas. O nível de fertilidade do solo afeta o rendimento do algodão e as respostas da qualidade da fibra. Além de isso, os cultivares exigentes pode aumentar o rendimento, mas isso implica aumentar o custo de produção em cultivares menos exigentes.

Entanto Abaye et al. (2019) e Arif, et al. (2019), indicam que a maior demanda de K pela planta ocorre no conjunto de cápsulas, já que as cápsulas são o maior reservatório de K. Assim, mesma em solos classificados com alta disponibilidade de K, a escassez de K nesse estágio de desenvolvimento pode se desenvolver devido à forte demanda durante o conjunto e enchimento, pela que é uma prática muito factível fazer adubações foliares com bioestimulantes para melhorar a qualidade das fibras.

### 3.3 Produção de Óleos

Em países como China a produção de *Camellia oleifera* Abel é de importância farmacológica, pelo óleo obtidos da semente que atuam como agente profilático para prevenir doenças relacionadas aos radicais livres (Lee & Yen, 2006). You et al. (2019) justamente trabalharam com essa espécie aonde aplicaram pasta de biogás para ver a ação sobre os nutrientes do solo na rizosfera e nas características econômicas dos frutos, observaram o aumento na concentração de N, P e K disponíveis nos solos e melhorando significativamente a produção de óleo.

O aumento de óleo nas sementes é proporcional ao aumento da fertilidade em comparação a aonde não foi aplicada as pastas de biogás, fator atribuída à liberação lenta de nutrientes, o acúmulo de matéria orgânica, e maior disponibilidade de nutrientes (N, P e K) durante o ciclo da cultura (You et al., 2019).

A interação Fósforo x Boro em cultura de girassol influencia positivamente no teor de óleo nos aquênios, e, seu rendimento por área (Santos et al., 2010). A boa nutrição vegetal garante a composição lipídica e funções das membranas, fazendo que as plantas tenham maior tolerância a diferentes tipos de estresses ambientais (seca, frio, alumínio, solos salinos, etc), concentrar compostos sinalizadores como o hormônio Jasmonato que ativa as defesas vegetais contra insetos e muitos fungos fitopatogênicos, gera maior proteção da planta e garante maior qualidade do produto final (Taiz & Zeiger, 2013).

No que concerne aos óleos essenciais, matérias primas para as indústrias de alimentos, farmacêutica, perfumaria e afins, representa uma mistura complexa de diversas classes de substâncias, dentre elas os fenilpropanóides, mono e sesquiterpenos, pertencentes ao metabolismo secundário das plantas. Dentre todos os fatores que podem interferir nos princípios ativos de plantas, a nutrição é um dos que requerem maior atenção, pois o desequilíbrio nutricional gera variação na produção de substâncias ativas refletindo em menor condição para se defender de pragas e doenças (Morais et al., 2009).

### 3.4 Produção de Frutos

O potássio (K) é um macronutriente, essencial para várias funções fisiológicas nas plantas, como; a translocação de assimilados, ativação de enzimas, manutenção de turgescência e regulação dos estômatos (Sonntag et al., 2020), sendo considerada um elemento fundamental na formação de qualidade de frutos. Para obter os caracteres comerciais desejáveis em frutos como tomate, é imprescindível ter tamanho ideal, peso, cor e componentes como açúcares, minerais, vitaminas, carotenoides e fenólicos, que variam acentuadamente em função de fatores genéticos, fisiológicos, agrônômicos, tecnológicos ou ambientais (Coyago-Cruz et al., 2019).

O tomate é uma fonte importante de fitoquímicos como ácido ascórbico, compostos fenólicos, carotenoides e tocoferóis que atuam como antioxidantes. A concentração de antioxidantes é influenciada, entre outros, por fatores de estresse abiótico, como estado nutricional (Sonntag et al., 2020). As atividades das enzimas antioxidantes e peroxidação lipídica mínima durante o crescimento do tomate, e os elevados rendimentos qualitativos do tomate são obtidas com estratégia sustentável de manejo de água e fertilizantes (Qu et al., 2020).

Tanto a adubação nitrogenada quanto a cálcica alteraram os teores de açúcares, ácidos orgânicos, voláteis e fenólicos em frutos de morango (Cvelbar et al., 2021). O fornecimento de cálcio é indispensável para a manutenção da estrutura e o funcionamento normal das membranas celulares. A permeabilidade das membranas a compostos hidrofílicos depende consideravelmente da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  e de  $\text{H}^+$  no meio. O cálcio está relacionado à firmeza dos frutos, que está diretamente ligado a uma parede celular mais rígida, o cálcio retarda o amadurecimento dos frutos, principalmente porque mantém a integridade da membrana celular como um componente estrutural celular, reduz a ocorrência de doenças fisiológicas e mantém as atividades metabólicas fisiológicas normais dos frutos (Shewfelt & Prússia, 2009; He et al., 2018; Vicente et al., 20009; Riboldi et al., 2018).

A qualidade dos frutos é o resultado da somatória da ação de vários fatores, em especial do efeito individual e combinado dos nutrientes. O adequado atendimento das exigências nutricionais faz com que as plantas frutíferas possam expressar todo seu potencial genético o quais são expressados em parâmetros como cor, aroma, forma, tamanho, aparência, resistência à penetração, incidência de doenças, baixos níveis de desordens fisiológicas, características físico-químicas e maior vida útil da pós-colheita dos frutos (Aular & Natale, 2013).

### 3.5 Produção de Grãos

Os cereais trigo, milho e arroz são fontes importantes de carboidratos e proteínas na alimentação humana, cujos teores estão relacionados com a nutrição mineral adequada da planta. Os cereais comparados com os grãos das leguminosas possuem

teor de proteínas bastante baixas, isto pelas características próprias da espécie. Entanto, às produtividades vem como as suas qualidades proteica e calórica são afetadas com aplicação principalmente de N, P, K e S (Faquin, 2005).

Num experimento feito por Kakar et al. (2019), sobre fertilizantes orgânicos (Azevém e Bokashi) e químicos no crescimento, produtividade e grãos qualidade do arroz (*Oryza sativa* L.), observaram que os tratamentos com adubos orgânicos tiveram aumentos no número de panículas por colina, a porcentagem de grãos amadurecidos, o número de panículas por m<sup>2</sup> e o rendimento de grãos em comparação com a testemunha. Assim, os fertilizantes químicos aumentam o comprimento das plantas.

Durante a avaliação encontraram que o azevém e bokashi promoveram o ponto de sabor (nota de sabor como referência). A observação microscópica eletrônica de varredura revela que o tratamento químico com fertilizantes marca os corpos das proteínas e seus traços nos amiloplastos. No entanto, o tratamento com bokashi produz grandes amiloplastos, que incluem muitos grânulos de amido. Portanto, o uso de fertilizantes orgânicos pode compensar as reduções de fertilizantes químicos e levar a estruturas de acúmulo de amido em grãos de arroz (Kakar et al., 2019).

### 3.6 Tubérculos, raízes e plantas produtores de açúcar

Para Naumann et al. (2020), as características de qualidade desejadas nas batatas dependem do uso pretendido, já sejam caracteres internos como a matéria seca, teor de amido ou externos como o tamanho, forma, resistência ao estresse mecânico durante e após a colheita. Enfim, as características de qualidade estão intimamente inter-relacionadas e controladas geneticamente.

Através das pesquisas verificou-se que todos esses parâmetros mesmo estão ligados ao status de nutrientes da planta e/ou tubérculos. Por exemplo, a suscetibilidade dos tubérculos à descoloração de cultivares frescas e processadas está intimamente relacionada não apenas ao suprimento de nutrientes, mas também ao tratamento pós-colheita. A influência do suprimento de nutrientes na qualidade dos tubérculos de batata depende inicialmente de suas funções fisiológicas (Naumann et al., 2020).

Estratégias agrônomicas no gerenciamento adequado de nutrientes na batata durante todo o período de crescimento faz parte na obtenção de produtos de qualidade. Devido às suas várias funções no metabolismo das plantas, o impacto dos nutrientes das plantas no rendimento da batata é complexo. Portanto, interações com fatores abióticos e bióticos, devem ser levados em consideração (Koch et al., 2020).

Em pesquisas de fontes de K não foram observados efeitos significativos na produtividade e qualidade das raízes de beterrabas. Tanto os parâmetros produtivos e qualitativos são incrementados pela adubação potássica independentemente da fonte aplicada (Franco et al., 2021a; Franco et al., 2021b). Em mandioca a adubação mineral de N-P-K aumenta linearmente os indicadores de produtividade de raízes, entanto a adubação orgânica através de esterco de galinha, até a dose de 18 t ha<sup>-1</sup>, promove aumento na produtividade, maior número de raízes por planta bem como em alterações favoráveis à cultura e melhorias nas propriedades químicas e físicas do solo (Alves et al., 2012; Rós et al., 2013).

Lemus-Mondaca, et al. (2012) estudando *Stevia rebaudiana* Bertoni, concluem a planta produz glicosídeos diterpenos que são adoçantes de baixa caloria, cerca de 300 vezes mais doces que a sacarose. Análises aproximadas mostraram que *Stevia* também contém ácido fólico, vitamina C e todos os aminoácidos indispensáveis, com exceção de triptofano, pelo que o consumo dela por aqueles que precisam restringir os carboidratos na ingestão da dieta é uma alternativa para apreciar o sabor doce com o mínimo de calorias.

Fazendo uma análise de correlação, nutrientes como nitrogênio, cálcio, magnésio e enxofre apresentaram correlação significativa com a produção de glicosídeo de esteviol. Para obter o maior conteúdo de compostos bioquímicos, especialmente todos os tipos de rebaudiosídeos, podem ser úteis uma combinação de fertilizantes organo-minerais. Assim, a aplicação de

fertilizante organo-mineral é recomendada para aumentar a produtividade de *S. rebaudiana* em termos de acréscimo de biomassa e glicosídeos de esteviol (Díaz-Gutiérrez et al., 2020; Asghari, 2018).

Da mesma forma, pesquisa feita na Bulgária demonstram que parâmetros produtivos são melhorados com aplicação de adubos foliares (Nikolova & Yakimov, 2018). Embora a aplicação de nitrogênio proporciona maiores rendimentos de biomassa e folhas, contudo isso não significa maior índice de *steviosídeo* e *rebaudiosídeo*, pelo que é fundamental ter um equilíbrio nutricional da planta, propiciando o uso de adubos compostos que melhorem a qualidades sanitárias do solo minimizando o estresse da planta (Saragih et al., 2020; Zaman et al., 2018; Uçar et al., 2018).

### 3.7 Deficiências e excessos nutricionais e os efeitos na qualidade dos produtos agrícolas

A segurança alimentar está enfrentando ameaças devido a degradação do solo que ocorrem em todo o mundo, à pressão exercida por vários setores da sociedade, incluindo urbanização e industrialização. Além disso as principais forças motrizes da degradação do solo são o desmatamento, a erosão do solo, a pastagem descontrolada, o descarte de resíduos e o gerenciamento não científico da terra (Vasu et al., 2020).

Os métodos de lavoura de conservação, combinados ao manejo integrado de nutrientes, sustentam ou aumentam a qualidade do solo em diferentes agroecossistemas que geram produções quanti-qualitativas (Ştefan et al., 2018; Vasu et al., 2020). Os nutrientes essenciais exercem funções específicas na vida da planta, (Quadro 1) e na ausência deles o vegetal não cumpre o ciclo da vida. A baixa ou alta presença dificulta as funções fisiológicas individuais de cada nutriente afetando diretamente o valor apreciativo da produção (Koch et al., 2020). Os sintomas de deficiência dos macros e micronutrientes mostram relações diretas com os papéis que cada nutriente desempenha na bioquímica e no metabolismo vegetal. A deficiência de algum macro ou micronutriente afeta diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, comprovado pela diminuição no porte das mesmas (Ferreira, 2012).

**Quadro 1.** \*Função bioquímica dos nutrientes minerais, deficiências e excessos.

<b>Grupo 1 Nutrientes que fazem parte de compostos de carbono</b>
<b>N:</b> Constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, hexosaminas, etc.
Deficiência; taxa fotossintética baixa, cloroses gerais em folhas, altas concentrações de antocianinas, crescimento baixo, baixo conteúdo de aminoácidos, proteínas e vitaminas nos produtos agrícolas.
Excesso: Acamamentos em gramíneas, folhas escuras, crescimento excessivo, menor quantidade de flores e plantas mais suscetíveis a doenças e estresse hídrico. A frutificação é reduzida e a coloração dos frutos é prejudicada pode atrasar a maturação, devido à falta de K e Mg.
<b>S:</b> Componente de cisteína, cistina, metionina. Constituinte do ácido lipóico, coenzima A, pirofosfato de tiamina, glutatona, biotina, sulfato de 5'-adenilil e 3'-fosfoadenosina.
Deficiência; folhas novas amarelas, redução da taxa fotossintética, crescimento radicular afetado, teor de aminoácido nas plantas baixas.
Excesso; pode ser absorvido pelas folhas através do poro estomático como o gás dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ), acidificar o apoplasto da folha e impedir ligação de CO <sub>2</sub> na RUBISCO.
<b>Grupo 2 Nutrientes importantes na estrutura energética ou na integridade estrutural</b>
<b>P:</b> Componente de açúcares-fosfato, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, fosfolipídios, ácido fitico, etc. Tem papel central em reações que envolvem ATP.
Deficiência; Plantas pequenas há acúmulo de antocianinas, maturação de frutas comprometidas, teor de açúcares baixo, raízes e sementes reduzidas.
Excesso; Manchas nas folhas, deficiência de Zn e Fe, pode comprometer a maturação equilibrada em frutos.
<b>Si:</b> Depositado como sílica amorfa nas paredes celulares. Contribuiu para as propriedades mecânicas das paredes celulares, incluindo rigidez e elasticidade.
Deficiência; aumenta os ataques de fungos e há maior tendência a quebrar.
Excesso; desequilíbrio nas paredes celulares tendo uma redução do crescimento radicular.
<b>B:</b> Forma complexa com manitol, manano, ácido polimanurônico e outros constituintes das paredes celulares. Envolve sem alongamento celular e sem metabolismo de ácidos nucleicos.
Deficiência; aumento de compostos nitrogenados, abortamento floral, raízes reduzidas deformação de frutas (qualidade visual afetada) diminuição das atividades enzimáticas, diminuição da clorofila diminuindo a taxa fotossintética.
Excesso; pode afetar a atividade hormonal, toxidez em plantas jovens, que apresentam folhas manchadas de verde-amarelo e em casos graves aparece pequenas manchas escuras e até queima total nas bordas das folhas.



Grupo 3 Nutrientes que permanecem na forma iônica
<b>K:</b> Requerido como cofator de mais de 40 enzimas. Principal cátion no estabelecimento do turgor celular e na manutenção da eletroneutralidade celular.
Deficiência: sistema radicular e aéreo mal desenvolvido, teor de açúcares comprometidos, susceptibilidade a pragas e doenças, sementes desuniformes, taxa fotossintética baixa, teor de hídrico afetado, frutos pequenos e plantas susceptíveis a acamamento.
Excesso: Desidratação de células, quebranto de membranas nas células desequilíbrio nutricional de Ca.
<b>Ca:</b> Constituinte da lamela média das paredes celulares. Requerido como cofator por algumas enzimas envolvidas na hidrólise de ATP e de fosfolípidos. Atua como mensageiro secundário na regulação metabólica.
Deficiência: Crescimento radicular afetado, frutos de mala qualidade com manchas circulares.
Excesso: desequilíbrio nutricionais com K há acúmulo de oxalato de cálcio afetando a qualidade dos frutos.
<b>Mg:</b> Requerido por muitas enzimas envolvidas na transferência de fosfatos. Constituinte da molécula de clorofila.
Deficiência: tamanho de frutos afetados, o teor de vitamina C é baixa, a atividade fotossintética e reduzida.
Excesso: desequilíbrio nutricional e crescimento reduzido da cultura (Ca, K).
<b>Cl:</b> Requerido para as reações fotossintéticas envolvidas na evolução de O <sub>2</sub> .
Deficiência: redução do tamanho das folhas e raízes, afetando a atividade fotossintética.
Excesso: Secamento de folhas, redução da largura da folha, atrasa a maturação e afeta a combustibilidade, em culturas de fumo.
<b>Zn:</b> Constituinte de álcool desidrogenase, desidrogenase glutâmica, anidrase carbonica, etc.
Deficiência: atividade enzimática reduzida, teor de proteína baixa, folhas jovens apresentam necroses por aumento de Fe, Mn.
Excesso: Pigmentações vermelhas, baixa concentração de Fe.
<b>Na:</b> Envolvido na regeneração do fosfoenolpiruvato em plantas C <sub>4</sub> e CAM (metabolismo ácido das crassuláceas). Substitui o potássio em algumas funções.
Deficiência: cloroses e necroses, afeta a formação de flores.
Excesso: Diminuição da disponibilidade de nutrientes, diminuição do potencial da água no solo o qual baixa a qualidade dos produtos agrícolas.
Grupo 4 Nutrientes envolvidos em reações redox
<b>Fe:</b> Constituinte de citocromos e ferro-proteínas não heme envolvidas na fotossíntese, na fixação de N <sub>2</sub> e na respiração.
Deficiência: taxa fotossintética baixa, folhas cloróticas, perda de folhas, crescimento raquítico.
Excesso: reduzem todas as variáveis de crescimento, os teores de pigmentos cloroplásticos e os teores de P, Zn, Cu e Mn. Além do efeito direto do excesso de Fe, a desordem nutricional resultante está associada aos efeitos restritivos sobre o crescimento vegetativo inicial das plantas.
<b>Mn:</b> Requerido para a atividade de algumas desidrogenases, descarboxilases, quinases, oxidases e peroxidases. Envolvido com outras enzimas ativadas por cátions e na evolução fotossintética de O <sub>2</sub> .
Deficiência: O conteúdo de carboidratos das plantas decresce, o sistema radicular e pouco desenvolvido.
Excesso: Amarelecimento das bordas da parte adaxial das folhas maduras seguido de arroxamento na parte abaxial, pontos necróticos nas bordas das folhas e encurvamento das folhas.
<b>Cu:</b> Componente de ácido ascórbico oxidase, tirosinase, monoaminoxidase, uricase, citocromo oxidase, fenolase, lacase e plastocianina.
Deficiência: pode reduzir-se a lignificação, abortamento de flores.
Excesso: Provoca o amarelecimento das folhas mais jovens. Pode induzir a deficiência de ferro, zinco e molibdênio nas plantas. Pode acumular-se nas raízes das plantas e danificar as membranas celulares das raízes. Altera fortemente a atividade enzimática, inibindo assim o crescimento das raízes.
<b>Ni:</b> Constituinte da urease. Em bactérias fixadoras de N <sub>2</sub> , e constituinte de hidrogenases.
Deficiência: Acúmulo de ureia que provoca necroses, afeta a absorção de Fe nas plantas, maior susceptibilidade das plantas a doenças.
Excesso: clorose, devida à menor absorção de ferro, crescimento reduzido das raízes e da parte aérea, deformação de várias partes da planta.
<b>Mo:</b> Constituinte de nitrogenase, nitrato redutase e xantina desidrogenase.
Deficiência: folhas reduzidas, fixação biológica desce, baixa a produtividade a viabilidade do grão de pólen também é prejudicada.
Excesso: Não são frequentes os casos de toxicidade, apenas sendo notado em plantas crescidas em zonas de minas, mas sem apresentar sintomas visíveis, mas pode inferir na qualidade da forragem e por meio a digestão dos ruminantes.

\*Fonte Adaptado do livro Taiz e Zeiger, (2013). Literaturas consultadas; Ribeiro, et al., (2011); Uçar, et al., (2018); San Martín-Hernández, (2012); Maqbool, et al., (2014); Vasu, et al. (2020); Jucoski, et al., (2016); Koch, et al., (2020); Leal, et al. (2020); You et al., (2019); Echer, et al., (2020).

### 3.8 Elementos tóxicos para as plantas

Em uma pesquisa feita por Lafetá, et al. (2019), com diferentes concentrações de HgO na germinação e desenvolvimento de plântulas de *Sapindus saponária* submetidas a escarificação mecânica, concluíram que a escarificação mecânica do tegumento com esmeril elétrico pode ser indicado para superar a dormência das sementes, além disso, está espécie tolera pequenas concentrações de HgO (0,0045 g/cm<sup>3</sup>) sem causar maiores danos ao seu crescimento e acúmulo de massa verde.

Em concentrações elevadas os sintomas de presença de HgO são caracterizados pela formação de raízes escuras e atrofiadas, caules tenros e folhas amareladas. Então, a contaminação de solos por mercúrio é um problema ambiental grave, com potencial de biomagnificação em cadeias alimentares e danos à saúde humana. Enquanto nas plantas aquáticas, são afetados pelo mercúrio na água em concentrações de 1 mg/l e causando variedade de anormalidades fisiológicas, reprodutivas e bioquímicas nos peixes que se alimentam de plantas (Boening, 2000; Lafetá et al., 2019).

Em geral, o elemento tóxico pode ter diferentes origens, o material de origem mesmo, resíduos urbanos (domésticos e industriais), poluição ambiental, adubos orgânicos e químicos (Quadro 2). Agora a acumulação de metais pela planta depende da própria planta e de fatores do solo como pH, teor de matéria orgânica, concentração do metal e fatores relativos ao manejo e ambientais, tais como umidade, uso de corretivos e fertilizantes, temperatura, etc. (Akter et al., 2019; Shaheen et al., 2019; Bandara et al., 2020).

Bandara, et al. (2020) e Chauhan, (2019) indicam que futuras pesquisas devem direcionar o caminho para a identificação de manejos de solos contaminados com metais. Além disso, é necessário esclarecer os processos de mobilização e ação metabólica na cadeia alimentaria de muitos metais, isto para obter mecanismo de remediação apropriada (Shaheen et al., 2019; Chauhan et al., 2019).

Akter et al. (2019), concluem que os consumidores podem experimentar efeitos adversos à saúde devido à ingestão direta de vegetais com presença de metais pesados. Além disso, os autores sugerem fazer um monitoramento cuidadoso e aplicação da legislação e leis necessárias para evitar qualquer tipo de efeito adverso para saúde.

**Quadro 2.** Concentração crítica de alguns metais pesados em plantas e na dieta de animais. Os níveis maiores são considerados tóxicos em ppm na matéria seca.

Elemento	Plantas	Animais
Cd	5 – 10	0,5 – 1
Hg	2 – 5	1
Tl	20 – 30	5
Co	10 – 20	10 – 50
Cr	1 – 2	50 – 3.000
Cu	15 – 20	30 – 100
Ni	20 – 30	50 – 60
Pb	10 – 20	10 – 30
Zn	150 – 200	500

Fonte adaptado de Faquin (2005).

Quando se fala de elementos tóxicos, não se pode deixar de mencionar o alumínio, que faz perdas economicamente importantes em solos ácidos. Das espécies de alumínio, a forma Al<sup>3+</sup> é comprovadamente tóxica e o sintoma inicial é a inibição



do crescimento da raiz, afetando o desenvolvimento radicular através da inibição do alongamento das pontas e tornando-se mais grossas (Echart & Cavalli-Molina, 2001).

O grau de tolerância ao Al varia de plantas, estas e apresentam diferentes mecanismos para sobreviverem à presença desse metal. Os mecanismos de tolerância são complexos e vários estudos vêm sendo realizados na tentativa de esclarecê-las. Até o momento, sabe-se que as plantas podem ser tolerantes a altos níveis de Al no simplasto ou por se desintoxicarem do mesmo após sua entrada na célula. Embora um grande volume de conhecimento tenha sido construído nos últimos anos, o entendimento da fisiologia da tolerância em plantas cultivadas é ainda incipiente (Liu et al., 2014; Maron et al., 2008; Ma et al., 2014).

Echart e Cavalli-Molina (2001), concluem que para compreender melhor a toxicidade do Al requer o desenvolvimento de novas técnicas capazes de detectar a entrada do Al no apoplasto e no simplasto num período relativamente curto. O desenvolvimento de técnicas que permitam verificar a ocorrência e medir a atividade de canais permeáveis a ácidos orgânicos nas membranas plasmáticas das células da parte apical da raiz. O Al provavelmente necessita interagir com algum componente da membrana plasmática para promover o efluxo de ácidos orgânicos, mas, ao mesmo tempo, a membrana precisa ser protegida dos efeitos tóxicos do Al.

Através de muitas pesquisas feitas no mundo coincidem em que tolerância ao Al é geneticamente controlada e as espécies de plantas diferem significativamente quanto ao grau dessa tolerância. A genética em diferentes espécies de cereais mostrou que a tolerância ao Al pode ser controlada de diferentes formas, desde um único gene dominante até uma forma complexa com genes de efeitos aditivos atuando em diferentes rotas bioquímicas. Estudos do controle genético da tolerância ao Al tornam-se extremamente importantes para programas de melhoramento que visam a produzir cultivares economicamente importantes em solos ácidos (Aggarwal et al., 2015; Echart & Cavalli-Molina, 2001).

Pesquisas recente feitas indicam que as plantas realizam estratégias, através de mecanismos que permitem acarrear este problema severo. Por exemplo, a melatonina pode desempenhar um papel crítico na resistência da soja à toxicidade do Al, o qual melhora a produtividade e a qualidade de grãos nos solos ácidos Al (Zhang et al., 2017; Arnoa & Hernández-Ruiz, 2019).

#### 4. Conclusões

A definição de qualidade é muito abstrata, pelas considerações objetiva ou subjetiva que se tem sobre os produtos agrícolas. Esses atributos são determinados por a aceitação do consumidor, sendo assim que se pode concluir em que;

- ✓ Estratégia sustentável de manejo de água e fertilizantes afiança maior produtividade e qualidade de matérias primas.
- ✓ Conhecer às funções fisiológicas individuais de cada nutriente e as características edafoclimáticas da produção levaram na tomada de decisões propícias que garantam qualidades produtivas.
- ✓ A exigência do mercado infere na adoção de sistemas produtivos mais sustentáveis.
- ✓ A saúde do solo garante um consumo de alimentos mais saudáveis e menores custos de produção.
- ✓ Os programas de melhoramento visam a forjar cultivares economicamente importantes e adaptáveis às exigências do consumidor.
- ✓ Pelas funções fisiológicas nas plantas, como; a translocação de assimilados, ativação de enzimas, manutenção de turgescência e regulação estomática, o potássio é um dos nutrientes mais influentes na qualidade dos produtos agrícolas.
- ✓ Pesquisas futuras contribuirão para descobrir as lacunas de conhecimentos incipientes sobre a relação da nutrição e qualidades de produtos obtidos.

## Referências

- Abaye, A. O. (2019). Potassium fertilization of cotton.
- Aggarwal, A., Ezaki, B., & Tripathi, B. N. (2015). Two detoxification mechanisms by external malate detoxification and anti-peroxidation enzymes cooperatively confer aluminum tolerance in the roots of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 120, 43-54.
- Akter, S., Islam, S. A., Rahman, M. O., Mamun, K. M., Kabir, M. J., Rahman, M. S., & Jolly, Y. N. (2019). Toxic elements accumulation in vegetables from soil collected from the vicinity of a fertilizer factory and possible health risk assessment. *J. Biomed. Eng. Biosci*, 3(2), 277-288.
- Alves, R. N. B., Júnior, M. D. S. M., & Ferreira, E. R. (2012). Doses de NPK na adubação de Mandioca (*Manihot esculenta*, L) variedade Paulozinho em Moju-Pará. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, 8, 65-70.
- Arif, M., Hussain, N., & Yasmeen, A. (2019). Influence of bio-stimulant and potassium sources on the productivity of cotton. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 29(6).
- Arnao, M. B., & Hernández-Ruiz, J. (2019). Melatonin: a new plant hormone and/or a plant master regulator? *Trends in Plant Science*, 24(1), 38-48.
- Asghari, R. (2018). Effect of different plant beds and fertilizers on *Stevia* (*Stevia rebaudiana* Bertoni) production. *Australian Journal of Crop Science*, 12(1), 51-55.
- Aular, J., & Natale, W. (2013). Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(4), 1214-1231.
- Bandara, T., Franks, A., Xu, J., Bolan, N., Wang, H., & Tang, C. (2020). Chemical and biological immobilization mechanisms of potentially toxic elements in biochar-amended soils. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(9), 903-978.
- Bertin, N., & Génard, M. (2018). Tomato quality as influenced by preharvest factors. *Scientia Horticulturae*, 233, 264-276.
- Boening, D. W. (2000). Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. *Chemosphere*, 40(12), 1335-1351.
- Bonfante, A., Terribile, F., & Bouma, J. (2019). Refining physical aspects of soil quality and soil health when exploring the effects of soil degradation and climate change on biomass production: an Italian case study. *Soil*, 5(1), 1-14.
- Cenci, S. A. (2006). Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças na Agricultura Familiar. In: Felon do Nascimento Neto. (Org.). *Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar*. 1a ed. Brasília: *Embrapa Informação Tecnológica*, p. 67-80.
- Chauhan, R., Awasthi, S., Srivastava, S., Dwivedi, S., Pilon-Smits, E. A., Dhankher, O. P., & Tripathi, R. D. (2019). Understanding selenium metabolism in plants and its role as a beneficial element. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 49(21), 1937-1958.
- Chen, J., Liu, L., Wang, Z., Sun, H., Zhang, Y., Bai, Z., & Li, C. (2019). Nitrogen fertilization effects on physiology of the cotton boll-leaf system. *Agronomy*, 9(6), 271.
- Coyago-Cruz, E., Corell, M., Moriana, A., Mapelli-Brahm, P., Hernanz, D., Stinco, C. M., & Meléndez-Martínez, A. J. (2019). Study of commercial quality parameters, sugars, phenolics, carotenoids and plastids in different tomato varieties. *Food chemistry*, 277, 480-489.
- Cvelbar Weber, N., Koron, D., Jakopič, J., Veberič, R., Hudina, M., & Baša Česnik, H. (2021). Influence of nitrogen, calcium and nano-fertilizer on strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit inner and outer quality. *Agronomy*, 11(5), 997.
- Díaz-Gutiérrez, C., Hurtado, A., Ortíz, A., Poschenrieder, C., Arroyave, C., & Peláez, C. (2020). Increase in steviol glycosides production from *Stevia rebaudiana* Bertoni under organo-mineral fertilization. *Industrial Crops and Products*, 147, 112220.
- Echart, C. L., & Cavalli-Molina, S. (2001). Aluminum phytotoxicity: effects, tolerance mechanisms and its genetic control. *Ciência Rural*, 31(3), 531-541.
- Echer, F. R., Cordeiro, C. F. D. S., & de la Torre, E. D. J. R. (2020). The effects of nitrogen, phosphorus, and potassium levels on the yield and fiber quality of cotton cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 43(7), 921-932.
- Fang, S., Gao, K., Hu, W., Wang, S., Chen, B., & Zhou, Z. (2019). Foliar and seed application of plant growth regulators affects cotton yield by altering leaf physiology and floral bud carbohydrate accumulation. *Field Crops Research*, 231, 105-114.
- Faquin, V. (2005). Nutrição mineral de plantas.
- Ferreira, M. M. M. (2012). Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. *Revista Agro@ mbiente On-line*, 6(1), 74-83.
- Franco, M. F. S., Aquino, L. A., Macedo, W. R., Mendes, F. Q., & Arceda, E. U. (2021). Qualidade de beterraba de mesa (*Beta vulgaris*) em função de fontes e doses de potássio. *Research, Society and Development*, 10(13), e333101321294-e333101321294.
- Franco, M. F. S., Aquino, L. A., Macedo, W. R., Mendez, F. Q., & Arceda, E. U. (2021). Produção de beterraba de mesa (*Beta vulgaris*) em função de fontes e doses de potássio. *Brazilian Journal of Development*, 7(9), 89696-89710.
- Grimes, S. J., Phillips, T. D., Capezzone, F., & Graeff-Hönninger, S. (2019). Impact of row spacing, sowing density and nitrogen fertilization on yield and quality traits of chia (*Salvia Hispanica* L.) cultivated in Southwestern Germany. *Agronomy*, 9(3), 136.

- He, L., Yu, L., Li, B., Du, N., & Guo, S. (2018). The effect of exogenous calcium on cucumber fruit quality, photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and fast chlorophyll fluorescence during the fruiting period under hypoxic stress. *BMC plant biology*, 18(1), 1-10.
- Hurtado-Barroso, S., Tresserra-Rimbau, A., Vallverdú-Queralt, A., & Lamuela-Raventós, R. M. (2019). Organic food and the impact on human health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(4), 704-714.
- Hussain, M., Tariq, A. F., Nawaz, A., Nawaz, M., Sattar, A., Ul-Allah, S., & Wakeel, A. (2020). Efficacy of fertilizing method for different potash sources in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) nutrition under arid climatic conditions. *PLoS one*, 15(1), e0228335.
- Hütsch, B. W., Keipp, K., Glaser, A. K., & Schubert, S. (2018). Potato plants (*Solanum tuberosum* L.) are chloride-sensitive: Is this dogma valid?. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(8), 3161-3168.
- Jucoski, G. D. O., Cambraia, J., Ribeiro, C., & Oliveira, J. A. D. (2016). Excess iron on growth and mineral composition in *Eugenia uniflora* L. *Revista Ciência Agrônômica*, 47, 720-728.
- Kakar, K., Nitta, Y., Asagi, N., Komatsuzaki, M., Shiotsu, F., Kokubo, T., & Xuan, T. D. (2019). Morphological analysis on comparison of organic and chemical fertilizers on grain quality of rice at different planting densities. *Plant Production Science*, 22(4), 510-518.
- Koch, M., Naumann, M., Pawelzik, E., Gransee, A., & Thiel, H. (2020). The importance of nutrient management for potato production Part I: Plant nutrition and yield. *Potato research*, 63(1), 97-119.
- Lafeté, B. O., Nascimento, L. A., Azevedo, C. H. S., Penido, T. M. A., & de Oliveira, L. F. R. (2019). Fitotoxicidade do mercúrio sobre a qualidade fisiológica em sementes de saboneteira (*Sapindus saponaria* L.) submetidas à escarificação mecânica. *Caderno de Ciências Agrárias*, 11, 1-8.
- Leal, A. J., Piati, G. L., Leite, R. C., Zanella, M. S., Osorio, C. R., & Lima, S. F. (2020). Nitrogen and mepiquat chloride can affect fiber quality and cotton yield. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24, 238-243.
- Lee, C. P., & Yen, G. C. (2006). Antioxidant activity and bioactive compounds of tea seed (*Camellia oleifera* Abel.) oil. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(3), 779-784.
- Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., & Ah-Hen, K. (2012). Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food chemistry*, 132(3), 1121-1132.
- Liu, J., Piñeros, M. A., & Kochian, L. V. (2014). The role of aluminum sensing and signaling in plant aluminum resistance. *Journal of Integrative Plant Biology*, 56(3), 221-230.
- Ma, J. F., Chen, Z. C., & Shen, R. F. (2014). Molecular mechanisms of Al tolerance in gramineous plants. *Plant and Soil*, 381(1), 1-12.
- Ma, X., Ali, S., Hafeez, A., Liu, A., Liu, J., Zhang, Z., ... & Yang, G. (2020). Equal K Amounts to N Achieved Optimal Biomass and Better Fiber Quality of Late Sown Cotton in Yangtze River Valley. *Agronomy*, 10(1), 112.
- Maqbool, S., Ul Hassan, A., JavedAkhtar, M., & Tahir, M. (2014). Integrated use of biogas slurry and chemical fertilizer to improve growth and yield of okra. *Science Letters*, 2(1), 56-59.
- Maron, L. G., Kirst, M., Mao, C., Milner, M. J., Menossi, M., & Kochian, L. V. (2008). Transcriptional profiling of aluminum toxicity and tolerance responses in maize roots. *New Phytologist*, 179(1), 116-128.
- Martín-Hernández, S., Ordaz-Chaparro, V. M., Sánchez-García, P., Beryl Colinas-Leon, M. T., & Borges-Gómez, L. (2012). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) quality produced in hydroponics with different particle sizes of tezontle. *Agrociencia*, 46(3), 243-254.
- Morais, L. A. S. (2009). Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. In *Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, 27(2), S3299-S3302. CD-ROM. Suplemento. Trabalho apresentado no 49. Congresso Brasileiro de Olericultura. Águas de Lindóia, SP.
- Naumann, M., Koch, M., Thiel, H., Gransee, A., & Pawelzik, E. (2020). The importance of nutrient management for potato production part II: Plant nutrition and tuber quality. *Potato Research*, 63(1), 121-137.
- Nikolova, E., & Yakimov, D. (2018). Comparative Analysis Of The Application Of The Liquid Fertilizers On The Productivity Of Stevia. *Cataloging-In-Publication Data*, 47.
- Popa, M. E., Mitelut, A. C., Popa, E. E., Stan, A., & Popa, V. I. (2019). Organic foods contribution to nutritional quality and value. *Trends in Food Science & Technology*, 84, 15-18.
- Popa, M. E., Mitelut, A. C., Popa, E. E., Stan, A., & Popa, V. I. (2019). Organic foods contribution to nutritional quality and value. *Trends in Food Science & Technology*, 84, 15-18.
- Qu, Z., Qi, X., Liu, Y., Liu, K., & Li, C. (2020). Interactive effect of irrigation and polymer-coated potassium chloride on tomato production in a greenhouse. *Agricultural Water Management*, 235, 106149.
- Revoredo-Giha, C., Akaichi, F., & Chalmers, N. (2019). Trading on food quality due to changes in prices: are there any nutritional effects? *Nutrients*, 12(1), 23.
- Ribeiro, R. V., Silva, L. D., Ramos, R. A., Andrade, C. A. D., Zambrosi, F. C. B., & Pereira, S. P. (2011). O alto teor de silício no solo inibe o crescimento radicular de cafeeiros sem afetar as trocas gasosas foliares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35, 939-948.
- Riboldi, L. B., da Cruz Araújo, S. H., Murcia, J. A. G., de Freitas, S. T., & de Camargo e Castro, P. R. (2018). Abscisic acid and 24-epibrassinolide regulate blossom-end rot (BER) development in tomato fruit under Ca<sup>2+</sup> deficiency. *Australian Journal of Crop Science*, 12(9), 1440-1446.

- Rós, A. B., Hirata, A. C. S., & Narita, N. (2013). Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43(3), 247-254.
- Santos, L., Melo, F., Souza, U., Primo, D., & Santos, A. (2010). Fósforo e boro na produção de grãos e óleo no girassol. *Enciclopédia Biosfera*, 6(11).
- Saragih, D. P. P., Ma'as, A., & Notohadisuwarno, S. (2019). Various Soil Types, Organic Fertilizers and Doses with Growth and Yields of Stevia rebaudiana Bertoni M. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 3(1), 57-65.
- Shaheen, S. M., Wang, J., Swertz, A. C., Feng, X., Bolan, N., & Rinklebe, J. (2019). Enhancing phytoextraction of potentially toxic elements in a polluted floodplain soil using sulfur-impregnated organoclay. *Environmental Pollution*, 248, 1059-1066.
- Shahzad, A. N., Rizwan, M., Asghar, M. G., Qureshi, M. K., Bukhari, S. A. H., Kiran, A., & Wakeel, A. (2019). Early maturing Bt cotton requires more potassium fertilizer under water deficiency to augment seed-cotton yield but not lint quality. *Scientific Reports*, 9(1), 1-10.
- Sonntag, F., Bunzel, D., Kulling, S., Porath, I., Pach, F., Pawelzik, E., & Naumann, M. (2020). Effect of potassium fertilization on the concentration of antioxidants in two cocktail tomato cultivars. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 93, 34.
- Ştefan, M., Gheorghe, D., & Ion, V. (2018). Results regarding the impact of crop rotation and fertilisation on the grain yield and some plant traits at maize cultivated on sandy soils in south Romania. *AgroLife Scientific Journal*, 7(2), 124-131.
- Stoorvogel, J. J., Mulder, V. L., & Hendriks, C. M. J. (2019). The effect of disaggregating soil data for estimating soil hydrological parameters at different scales. *Geoderma*, 347, 185-193.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2013). *Fisiologia vegetal*. (5a ed.), 918 p.
- Uçar, E., Turgut, K., Özyiğit, Y., Özek, T., & Özek, G. (2018). The effect of different nitrogen levels on yield and quality of stevia (*Stevia rebaudiana* bert.). *Journal of plant nutrition*, 41(9), 1130-1137.
- Vasu, D., Tiwary, P., Chandran, P., & Singh, S. K. (2020). Soil Quality for Sustainable Agriculture. In *Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production* (pp. 41-66).
- Vincente, A. R., Manganaris, G. A., Ortiz, C. M., Sozzi, G. O., & Crisosto, C. H. (2014). Nutritional quality of fruits and vegetables. In *Postharvest handling* (pp. 69-122). Academic press.
- Wang, M., Tu, L., Yuan, D., Zhu, D., Shen, C., Li, J., & Zhang, X. (2019). Reference genome sequences of two cultivated allotetraploid cottons, *Gossypium hirsutum* and *Gossypium barbadense*. *Nature genetics*, 51(2), 224-229.
- You, L., Yu, S., Liu, H., Wang, C., Zhou, Z., Zhang, L., & Hu, D. (2019). Effects of biogas slurry fertilization on fruit economic traits and soil nutrients of *Camellia oleifera* Abel. *PLoS One*, 14(5), e0208289.
- Yu, J., Yin, X., Raper, T. B., Jagadamma, S., & Chi, D. (2019). Nitrogen Consumption and Productivity of Cotton under Sensor-based Variable-rate Nitrogen Fertilization. *Agronomy Journal*, 111(6), 3320-3328.
- Zaman, M. M., Rahman, M. A., Chowdhury, T., & Chowdhury, M. A. H. (2018). Effects of combined application of chemical fertilizer and vermicompost on soil fertility, leaf yield and stevioside content of stevia. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 16(1), 73-81.
- Zhang, J., Zeng, B., Mao, Y., Kong, X., Wang, X., Yang, Y., & Chen, Q. (2017). Melatonin alleviates aluminium toxicity through modulating antioxidative enzymes and enhancing organic acid anion exudation in soybean. *Functional Plant Biology*, 44(10), 961-968.