



Vigor de sementes e cultivo de mudas de rambuteira

Cleverson Agueiro de Carvalho^{1*}, Regina Lucia Felix Ferreira², Felipe Coelho de Souza²

¹Discente da Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal - Doutorado, Rio Branco, Acre, Brasil. ²Professor (a) da Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rio Branco, Acre, Brasil. *cleverson.carvalho@ufac.br

Recebido em: 12/03/2023

Aceito em: 16/11/2023

Publicado em: 30/12/2023

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.5.2-24>

RESUMO

O rambutan é uma fruta exótica originária da Malásia e adaptada à região Amazônica, com grande potencial para a produção comercial no Brasil. Além de ser saboroso e suculento, o rambutan apresenta propriedades anti-inflamatórias, antimicrobianas e hipoglicêmicas em todas as partes da fruta, tornando-se uma opção promissora para as indústrias alimentícia e farmacêutica. No entanto, o cultivo do rambuteira no Brasil enfrenta desafios, como a escassez de informações em sementes. É essencial realizar o teste de vigor para avaliar a qualidade fisiológica das sementes e garantir a produção de plantas vigorosas em diferentes condições. A produção de mudas de qualidade é crucial para o sucesso da fruticultura, e seguir boas práticas de cultivo é fundamental para alcançar esse objetivo. O substrato utilizado em viveiros é um fator-chave para o sucesso da produção de plântulas, com boa retenção de água e nutrientes. A adubação adequada é vital para garantir o desenvolvimento adequado das plântulas, com o tipo e a quantidade de fertilizante dependendo da espécie, substrato e condições ambientais. Alternativas sustentáveis aos substratos comerciais incluem o uso de materiais locais e renováveis, como o capim brachiaria e as cascas de castanha-do-brasil, que apresentaram características físico-química adequadas para o crescimento das plantas.

Palavras-chave: Adubação. *Nephelium lappaceum*. Rambutan

Seed vigor and cultivation of rambutan seedlings

ABSTRACT

Rambutan is an exotic fruit that originated in Malaysia and has adapted well to the Amazon region, showing great potential for commercial production in Brazil. In addition to being tasty and juicy, rambutan has anti-inflammatory, antimicrobial, and hypoglycemic properties present in all parts of the fruit, making it a promising option for the food and pharmaceutical industries. However, rambutan tree cultivation in Brazil faces challenges such as a lack of information on seeds. It is essential to perform vigor tests to assess seed physiological quality and ensure the production of vigorous plants in different conditions. Producing quality seedlings is crucial for successful fruit growing, and following good cultivation practices is essential to achieve this goal. The substrate used in nurseries is a key factor for the success of seedling production, with good water and nutrient retention being desirable, as well as aeration, porosity, a pH close to neutral, and low electrical conductivity. Adequate fertilization is also vital to ensure proper seedling development, with the type and amount of fertilizer depending on the species, substrate, and environmental conditions. Sustainable alternatives to commercial substrates include the use of local and renewable materials, such as Brachiaria grass and Brazil nut shells, which have shown suitable physicochemical characteristics for plant growth.

Keywords: Fertilization. *Nephelium lappaceum*. Rambutan

INTRODUÇÃO

A rambuteira é uma árvore que se destaca por seu fruto suculento e saboroso. Originária da Indonésia e Malásia, ela pode ser encontrada também em outras partes da Ásia, América Central e América do Sul (WINDARSIH, 2022). O rambutan, como é popularmente conhecido, é rico em nutrientes como vitamina C, fibras, minerais e antioxidantes, o que o torna altamente valorizado na culinária e na medicina (BHATTACHARJEE et al., 2022). Além disso, a árvore é uma das mais altas da família Sapindaceae, podendo atingir até 20 m de altura (RASHIED et al., 2022). O fruto pode ser consumido in natura ou em preparações como compotas, geleias e marmeladas (TSONG et al., 2021), e seu consumo regular tem sido associado a benefícios para a saúde, como prevenção de doenças cardiovasculares e melhora da imunidade (TORGBO et al., 2022; YUSLIANTI et al., 2021; LEE et al., 2020).

Nos últimos anos, tem havido um aumento no cultivo de rambuteira no país devido à crescente demanda. Além disso, o Brasil apresenta condições climáticas favoráveis para o cultivo dessa espécie, com clima quente e úmido que estimula o desenvolvimento das plantas (ANDRADE et al., 2017). É válido destacar que a produção da espécie no país ainda enfrenta desafios, como a escassez de informações sobre tecnologia de sementes e produção de mudas.

A baixa qualidade das sementes prejudica a formação adequada de mudas frutíferas, resultando em povoamentos desuniformes e mal estabelecidos. No entanto, os testes de germinação em laboratório podem ser demorados, o que pode ser um problema para algumas espécies, como a rambuteira, que requerem 21 dias para contar a germinação (RASHIED et al., 2022). Por isso, métodos que preveem a germinação em menor tempo podem ajudar empresas de sementes a tomar decisões rápidas sobre gerenciamento de lotes de sementes e aumentar sua eficiência (HAN et al., 2022).

A condutividade elétrica (CE) é um teste que permite a detecção rápida de deterioração de sementes. Baseia-se no processo de dano de membranas e liberação de lixiviados que ocorre quando as sementes são embebidas em água, devido à perda da integridade celular (SOLEYMANI, 2019). Este método tem sido amplamente utilizado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de diversas espécies, tais como cerejeira (VASCONCELOS et al., 2019), jurema (SILVA et al., 2022) e quixabeira (SENA et al., 2022).

O teste de CE é realizado medindo a condutividade elétrica da solução em que as sementes foram imersas. Altos valores de CE estão associados a sementes de baixa qualidade

fisiológica, em virtude à degradação e desordem das membranas celulares, processo irreversível (SOLEYMANI, 2019). Em estudo realizado com sementes de pêssego (SOUZA et al., 2019) observou que, as sementes com baixo vigor estavam associadas ao aumento da concentração de lípidos na solução. Com isso, foi possível selecionar as sementes com maior qualidade fisiológica no período de 24 horas.

A qualidade da muda é essencial na implantação de pomares. O substrato é um fator chave no crescimento das plantas em viveiro, responsável pela disponibilidade de água, nutrientes e oxigênio (ARAÚJO et al., 2017). No entanto, a dependência de substratos produzidos a longas distâncias aumenta os custos. É necessário preparar substratos com materiais locais adequados e renováveis para garantir a sustentabilidade e reduzir custos na produção de mudas (MANCA, 2020).

Para isso, o composto orgânico é uma opção promissora para o crescimento das mudas. Segundo Malavolta (2006), proporciona propriedades físico-químicas favoráveis para o desenvolvimento das plantas. O uso de capim braquiária e casca de castanha-do-brasil como matéria-prima pode ser economicamente e ecologicamente viável, reduzindo os custos e impacto ambiental na produção de mudas. Soares et al. (2014) apontam a casca de castanha-do-brasil como um material orgânico promissor, que reutiliza nutrientes presentes na composição do resíduo.

Além disso, o uso de compostos pode diminuir a dependência de substratos produzidos em outras regiões e melhorar as propriedades físicas e químicas do substrato, favorecendo o crescimento das plantas em viveiro e melhorando a qualidade das mudas. Dessa forma, este estudo pode auxiliar produtores e pesquisadores a desenvolverem novas técnicas e estratégias para aprimorar a produção de mudas de rambuteira e, conseqüentemente, impulsionar o crescimento da fruticultura no país.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão, será abordada a espécie *Nephelium lappaceum*, também conhecida como rambuteira. É importante ressaltar que a qualidade das sementes desempenha um papel fundamental no sucesso dos pomares, visto que sementes de baixa qualidade podem resultar em plantas menos vigorosas e pouco produtivas. Além disso, para a produção de mudas, é necessário considerar o substrato e a fertilização adequados para obter plantas de alto vigor que possam ser transplantadas para o campo com sucesso.

Rambutan: fruta promissora na Amazônia

A espécie *Nephelium lappaceum* L., popularmente conhecida como rambuteira, é uma árvore tropical de origem Malaia (sudeste da Ásia) que pertence à família Sapindaceae (RASHIED et al., 2022). Existem nove espécies de rambuteira consumíveis em todo o mundo, sendo a *Nephelium lappaceum* a mais conhecida e propagada (WINDARSIH, 2022). As folhas são perenes, alternadas, compostas e imparipenadas, com cerca de 5 a 9 folíolos de formato elíptico a oblongo. A rambuteira apresenta raiz pivotante, que se aprofunda em solos arenosos e bem drenados. A árvore possui copa arredondada e densa, com uma casca lisa e acinzentada. As flores do rambuteira são pequenas, com cerca de 2 a 3 mm de diâmetro, e possuem cinco pétalas brancas e cinco sépalas verdes (ANDRADE et al., 2009; LI et al., 2018).

A etimologia do termo ‘rambutan’ deriva o de “rambut”, uma palavra malaio-indonésia que significa cabeludo (MAHMOOD et al., 2018). Quando cultivados em condições adequadas para seu crescimento, e sem a prática de podas, as plantas podem atingir de 12 a 20 metros de comprimento (LI et al., 2018). As inflorescências da rambuteira são compostas por muitas flores, sendo, conseqüentemente, os frutos produzidos em cachos na porção final do galho, podendo chegar a render até quase 70 kg por árvore (ANDRADE et al., 2009; TRIPATHI et al., 2020).

O fruto é comestível, com casca avermelhada que contém estruturas flexíveis em formato de espinhos que envolve um arilo branco, sendo aproveitadas todas as partes da fruta, sejam comestíveis ou não, pois apresentam propriedades anti-inflamatória, antioxidante, antimicrobiana e hipoglicêmica presentes em sua casca, semente, polpa ou até folhas (PERUMAL et al., 2021; BHATTACHARJEE et al., 2022), e propriedades alimentícias, podendo ser consumidas tanto in natura quanto como ingrediente para sucos, compotas e geleias, já que apresenta um fruto doce e suculento (TORGBO et al., 2022).

O rambutan é uma fruta exótica introduzida na Amazônia em 1980. Desde então, a espécie encontrou condições favoráveis para o seu crescimento e se tornou um fruto muito apreciado pela população. O Brasil tem potencial para se tornar um grande produtor de rambutan, pois possui condições climáticas ideais para o cultivo em várias regiões, como Amazonas, Acre, Bahia, São Paulo, Pará e Rondônia (ANDRADE et al., 2009; SACRAMENTO et al., 2013).

No entanto, a produção brasileira de rambutan ainda é pequena em comparação com outros países produtores, como a Indonésia, Tailândia, Malásia e Filipinas. Estima-

se que o Brasil produza cerca de 4,5 mil toneladas, enquanto a Indonésia produziu 874,5 mil toneladas em 2021, representando 55% da produção global (TRIPATHI et al., 2020; STATISTA, 2023). Apesar do aumento da demanda, o cultivo de rambuteira no Brasil ainda enfrenta desafios, como a escassez de informações em tecnologia de sementes. Ainda assim, o potencial como cultura comercial no Brasil é promissor, principalmente devido às condições climáticas favoráveis em várias regiões do país (ANDRADE et al., 2009).

Vigor de sementes: a importância do teste de condutividade

O teste de vigor é uma técnica utilizada para avaliar a qualidade fisiológica das sementes, que consiste em medir a capacidade das sementes de germinar e estabelecer plântulas vigorosas em condições adversas. Essas condições podem ser a exposição a temperaturas extremas, estresse hídrico ou falta de nutrientes. O teste de vigor é fundamental para garantir que as sementes tenham a capacidade de germinar em diferentes condições, além de auxiliar na identificação de sementes que possam apresentar algum problema ou defeito (KRZYZANOWSKI et al., 2020).

Além disso, o teste de vigor pode complementar o teste de germinação, já que esse pode não ser suficiente para avaliar a qualidade das sementes. Dessa forma, os testes de vigor são importantes ferramentas para os produtores de mudas, pois permitem a seleção de sementes de alta qualidade, o que resulta em mudas mais vigorosas e saudáveis, além de um melhor desempenho na produção (HAN et al., 2022).

Algumas das principais técnicas de avaliação de vigor de sementes incluem o teste de envelhecimento acelerado, que submete as sementes a um ambiente de alta umidade e temperatura, o teste de tetrazólio, que avalia a atividade das enzimas respiratórias da semente, e o teste de condutividade elétrica, que mede a liberação de eletrólitos das sementes (KRZYZANOWSKI et al., 2020).

Entre essas técnicas, destaca-se o teste de condutividade elétrica (CE). Este teste se baseia na medida da condutividade elétrica da solução em que as sementes foram embebidas, após um período determinado. Sementes de alta qualidade fisiológica geralmente apresentam baixos valores de CE, enquanto sementes com baixa qualidade fisiológica apresentam valores mais altos, devido à perda de integridade das membranas celulares e consequente liberação de lixiviados para a solução (SOLEYMANI, 2019).

O teste de CE tem se mostrado eficaz para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de diversas espécies, como cerejeira, jurema e quixabeira, entre outras (VASCONCELOS et al., 2019; SILVA et al., 2022; SENA et al., 2022). Em um estudo com sementes de pêssogo, Souza et al. (2019) observaram que o teste de CE foi capaz de detectar rapidamente sementes de baixo vigor, permitindo a seleção das sementes com maior qualidade fisiológica em um período de 24 horas.

Além da rapidez na obtenção dos resultados, o teste de CE apresenta outras vantagens em relação aos outros testes de vigor, pois é mais simples e requer menos equipamentos, além de permitir a avaliação de um grande número de sementes em um curto período de tempo (HAN et al., 2022).

Portanto, é importante considerar a realização de testes de vigor de sementes para garantir a qualidade das sementes utilizadas na produção de mudas. O teste de condutividade elétrica pode ser uma alternativa útil para avaliar rapidamente a qualidade fisiológica das sementes.

Produção de mudas

A produção de mudas é um processo importante na fruticultura, uma vez que a qualidade das mudas influencia diretamente na produtividade e no sucesso do plantio. A utilização de boas práticas de cultivo em viveiros é essencial para garantir mudas vigorosas e de qualidade, resultando em uma boa taxa de sobrevivência no campo (GOMES et al., 2019).

O substrato é um dos fatores fundamentais para o sucesso da produção de mudas em viveiros. De acordo com Araújo et al. (2017), um substrato ideal deve apresentar as características de boa capacidade de retenção de água e nutrientes, boa aeração e porosidade, além de ter pH próximo ao neutro e baixa condutividade elétrica. A utilização de substratos com qualidade é importante para o desenvolvimento adequado do sistema radicular das mudas, garantindo um bom crescimento e nutrição das plantas (GOMES et al., 2019).

Além disso, a fertilização é fundamental para o desenvolvimento adequado das mudas. A utilização de adubos e fertilizantes garante a disponibilidade de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas. A quantidade e tipo de fertilizante a ser utilizado depende das exigências nutricionais de cada espécie, do tipo de substrato utilizado e das condições ambientais do viveiro. É importante que o produtor tenha

conhecimento das necessidades nutricionais das espécies que estão sendo cultivadas para poder fornecer a quantidade adequada de nutrientes (GUTIÉRREZ et al., 2022).

Alternativas sustentáveis e viáveis para a produção de substratos

A produção de substrato de alta qualidade é fundamental para o sucesso da implantação de pomares. O substrato é responsável por fornecer água, nutrientes, oxigênio e suporte para as raízes e parte aérea das mudas (ARAÚJO et al., 2017). Para reduzir os custos de produção de mudas e evitar o transporte de substratos comerciais de regiões distantes, é possível utilizar materiais locais e renováveis para a produção de substratos (MANCA, 2020). Diversas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de encontrar alternativas aos substratos comerciais, como por exemplo, a utilização de materiais orgânicos como capim braquiária e casca de castanha-do-brasil (SOARES et al., 2014).

Estudo realizado por Ribeiro et al. (2019) avaliou a utilização de capim braquiária como componente de substratos para produção de mudas de itaúba. Os resultados indicaram que o capim braquiária pode ser utilizado como material renovável para a produção de substratos para mudas, apresentando características físicas e químicas adequadas para o desenvolvimento das plantas.

Outra opção é a utilização da casca de castanha-do-brasil como componente de substratos, que além de ser um material local, também é um resíduo agroindustrial. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Acre ocupa o terceiro lugar na produção e extração de castanha do Brasil, com 9,8 toneladas, e está entre os treze principais produtos do país, com uma média de 33,4 toneladas em 2021. No entanto, o beneficiamento da castanha, que envolve a remoção da casca, é responsável por gerar uma grande quantidade de resíduos. Segundo Souza e Silva (2021), cerca de 90% do fruto é descartado, resultando em cerca de 1,9 kg de resíduos por fruto.

No entanto, a casca da castanha pode ser utilizada como biofertilizante, devido à presença de nutrientes que ajudam no desenvolvimento das plantas, como macro e micronutrientes (ALVES et al., 2020). A casca da castanha-do-Brasil contém magnésio, cálcio, manganês, ferro, cobre, fósforo e zinco, que são componentes importantes para a nutrição das plantas e para o bom crescimento das mesmas. Apesar disso, a casca apresenta baixa capacidade de retenção de água e alta densidade (SOARES et al., 2014),

o que requer a complementação de outro material que possua aptidão para a retenção de água e para manter a qualidade do substrato.

Estudo realizado por Araújo et al. (2020) avaliou a utilização da casca de castanha-do-brasil em substratos para produção de mudas de açaí. Os resultados indicaram que a casca de castanha-do-brasil pode ser utilizada como componente de substratos para produção de mudas, promovendo um desenvolvimento adequado das plantas.

Dessa forma, a utilização de materiais locais e renováveis como capim braquiária e casca de castanha-do-brasil pode ser uma alternativa econômica e ecologicamente viável para a produção de mudas, reduzindo os custos de produção e evitando o transporte de substratos comerciais de regiões distantes.

Fertilizantes na produção de mudas: benefícios e impactos socioambientais

O uso de fertilizantes na produção de mudas é um tema importante e controverso. A Revolução Industrial incentivou o uso de sementes de plantas com maior resistência e produtividade, além da aplicação intensiva de fertilizantes inorgânicos para aumentar a produção de grãos e combater a fome. No entanto, mesmo com esse aumento na produção, a fome continua sendo um problema grave em todo o mundo, especialmente na África, onde cerca de 250 milhões de pessoas ainda estão subnutridas (WISE, 2021). Além disso, o uso excessivo de fertilizantes pode acarretar problemas socioambientais significativos.

A aplicação adequada de fertilizantes pode melhorar as propriedades químicas, o que resulta em mudas de alta qualidade e com um sistema radicular bem desenvolvido. No entanto, o uso excessivo desses produtos pode reduzir a eficácia da aplicação e acarretar perda econômica. Alguns produtos também podem conter substâncias tóxicas e não biodegradáveis em sua composição, o que pode prejudicar o meio ambiente (BAHRAMOV et al., 2020).

Um dos principais problemas ambientais causados pelo uso indiscriminado de fertilizantes é a contaminação de nitrogênio em ecossistemas. A lixiviação, a volatilização da amônia e o escoamento podem transportar o nitrogênio para diferentes ambientes, causando eutrofização em ambientes aquáticos e contaminando recursos naturais (LI et al., 2018). Para minimizar os impactos negativos causados pelo uso excessivo de fertilizantes, há uma busca por produtos que minimizem a lixiviação, como os fertilizantes de liberação controlada, e produtos que não contenham materiais não

renováveis, como os biofertilizantes e os fertilizantes orgânicos (CHEW et al., 2019). Essas alternativas buscam promover uma agricultura mais sustentável.

Fertilização convencional versus liberação controlada

A produção de mudas é um processo fundamental para a agricultura e silvicultura. Dentre as técnicas utilizadas para produção de mudas, a fertilização é essencial para promover o crescimento adequado das plantas. Nesse sentido, existem duas técnicas principais de fertilização: a convencional e a de liberação controlada (VEJAN et al., 2021).

A fertilização convencional consiste na adição de fertilizantes solúveis em água diretamente ao solo ou substrato, geralmente em uma ou mais aplicações. Essa técnica tem a vantagem de fornecer nutrientes imediatamente disponíveis para as plantas, o que pode acelerar o crescimento das mudas. No entanto, a fertilização convencional também apresenta algumas desvantagens, como a lixiviação de nutrientes, que podem ser perdidos através da água de irrigação ou da chuva, além do risco de contaminação ambiental (ROSEN et al., 2014).

Por outro lado, a fertilização de liberação controlada consiste em incorporar fertilizantes de liberação gradual no substrato ou encapsulados em uma membrana permeável. Essa técnica libera os nutrientes de forma lenta e gradual, conforme a demanda das plantas, o que pode resultar em uma maior eficiência no uso dos nutrientes e em uma redução da lixiviação (CHEN et al., 2020). Além disso, a fertilização de liberação controlada pode melhorar a qualidade das mudas, uma vez que a liberação lenta dos nutrientes favorece o desenvolvimento do sistema radicular e reduz o estresse das plantas (MIKULA et al., 2020).

Apesar das vantagens da fertilização de liberação controlada, esta técnica também apresenta algumas limitações. O custo é um dos principais fatores que pode restringir a sua utilização em grande escala, uma vez que os fertilizantes de liberação controlada são geralmente mais caros do que os fertilizantes convencionais. Além disso, é importante considerar que a eficácia da fertilização de liberação controlada pode ser afetada em solos com baixa capacidade de retenção de água, o que interfere na disponibilidade de água e nutrientes para as plantas (GUTIÉRREZ et al., 2022).

Em estudo realizado por Muniz et al. (2013), os autores avaliaram a produção de mudas de eucalipto utilizando técnicas de fertilização, incluindo a convencional e a de liberação controlada. Os resultados demonstraram que a fertilização de liberação

controlada proporcionou um maior crescimento das mudas e uma maior eficiência no uso dos nutrientes, em comparação com a fertilização convencional.

O uso de fertilizante de liberação controlada apresenta diversas vantagens na produção de mudas, como a liberação gradual dos nutrientes, que promove um desenvolvimento mais equilibrado das plantas, reduzindo o risco de contaminação ambiental e aumentando a eficiência no uso dos nutrientes. Apesar de ser uma técnica que onera mais a produção, o benefício a longo prazo compensa o custo inicial (GUTIÉRREZ et al., 2022). Porém, é importante considerar as particularidades de cada cultura e substrato, bem como avaliar o custo-benefício antes de optar pela técnica de fertilização mais adequada. A escolha correta pode fazer toda a diferença na qualidade e produtividade das mudas.

A influência dos macros e micronutrientes na fisiologia e produção de plantas

Os nutrientes são essenciais para a vida das plantas, e sua ausência pode comprometer seu desenvolvimento. Dentre os nutrientes, os minerais desempenham um papel importante na realização de processos metabólicos. Segundo Amorim et al. (2021), são 14 minerais exigidos pelas plantas, sendo que esses podem ser divididos em macro e micronutrientes. Os macronutrientes são compostos por nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

O nitrogênio é um constituinte fundamental das purinas e pirimidinas, substâncias que compõem ácidos nucleicos como DNA e RNA. O mineral também está presente em grandes quantidades na parte aérea vegetal, na forma de enzimas como a RuBisCO, como proteínas nos fotossistemas e compondo moléculas de clorofila (DOVIS et al., 2021; HUANG et al., 2022) De acordo com Ye et al. (2019), a RuBisCO é uma enzima que catalisa a primeira etapa da fixação do carbono pela fotossíntese e é a proteína mais abundante na terra. Já o fósforo, por sua vez, está presente no vegetal na forma de ortofosfato, metabólito, fosfolipídios e na composição de ácidos nucleicos. Dentre as principais funções do fósforo no vegetal salienta-se a atuação na composição de moléculas transportadoras de energia (ATP e ADP) e na estruturação da membrana celular (MALAVOLTA, 2006).

Outros nutrientes também são importantes para as plantas, como o enxofre, que é um componente de sulfatídeos, cloroplastos, vitaminas, coenzimas e aminoácidos, tendo atuação crucial na fotossíntese, respiração e na composição da membrana celular (DUARTE et al.,

2015). O potássio, por sua vez, atua na manutenção da integridade celular, regulando, por exemplo, a relação ânion-cátion, o pH, a regulação osmótica, além de contribuir para o crescimento do volume celular (AMORIM et al., 2021). Já o cálcio está presente na parte aérea da planta em concentrações que representam de 0,1 a 5% da biomassa seca, atuando como constituinte das paredes da membrana celular e como segundo mensageiro intracelular. Por fim, o magnésio é importante para a fotocaptura e transferência de elétrons para o centro de reação do fotossistema 2, além de formar ligações com cargas negativas na parede celular (MALAVOLTA, 2006).

Os micronutrientes são elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Entre eles, estão o boro, cloro, cobre, ferro, zinco, manganês, molibdênio e níquel. Esses micronutrientes são exigidos em pequenas quantidades pelas plantas e têm papel fundamental em várias reações orgânicas do metabolismo vegetal. (SHIDU et al., 2019)

O boro é um micronutriente que promove estabilidade à matriz celular e forma complexos com componentes das jangadas lipídicas na membrana celular. No entanto, quando presente em excesso, pode causar toxidez e levar a lesões foliares (LANDI et al., 2019). De acordo com Shidu et al., (2019) a absorção excessiva de boro pode afetar negativamente o crescimento radicular e, em níveis ainda mais elevados, pode causar a morte celular. O cloro, por sua vez, regula a célula estomática e aumenta a resistência vegetal a doenças, mas também pode acarretar estresse salino e toxidez à planta em quantidades excessivas (CHEN et al., 2010).

O ferro é importante para o desenvolvimento vegetal, pois atua como um catalisador na síntese molecular de clorofila e propicia a absorção de outros nutrientes. O molibdênio e o níquel também são importantes ativadores enzimáticos com funções específicas na planta (RANA et al., 2020; PRASAD; SHIVAY, 2019).

O zinco, por sua vez, possibilita a permeabilidade da membrana celular e é importante para a expansão da área foliar e defesa vegetal contra pragas e doenças. No entanto é importante ressaltar que o excesso de zinco pode prejudicar a absorção de outros micronutrientes, como o manganês (CABOT et al., 2019). Segundo Hassan et al. (2020), altas concentrações de zinco podem resultar em uma redução significativa da absorção de manganês pelas plantas. Essa interferência na absorção de outros micronutrientes deve ser considerada no manejo nutricional de plantas cultivadas em solos com altas concentrações de zinco.

O manganês é um micronutriente essencial para a fotossíntese, já que atua como ativador de enzimas envolvidas diretamente no processo, como a enzima Rubisco, responsável pela fixação de carbono na planta (SHIDU et al., 2019). Além disso, o manganês é um constituinte da clorofila, o pigmento responsável pela absorção da luz na fotossíntese, e, portanto, é fundamental para a síntese deste composto essencial para o desenvolvimento vegetal (ALEJANDRO et al., 2020). Porém, é importante ressaltar que a absorção de manganês pode ser prejudicada em presença de excesso de zinco no solo.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS

- ALEJANDRO, S.; HÖLLER, S.; MEIER, B.; PEITER, E. Manganese in Plants: From Acquisition to Subcellular Allocation. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 1 - 23, 2020.
- ALVES, M. de M.; VENTUROSOS, L. dos R.; VENTUROSOS, L. A. C.; CIPRIANI, L. P.; BRAÚNA, H. N.; FRULAN, L. B. Production of seedlings of papaya from different types of substrates and containers. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2761–2774, 2020.
- AMORM, S. A.; LIMA, A. M. N.; CAVALCANTE, I. H. L.; CUNHA, J. C.; MELO JÚNIOR, J. C. F.; SILVA, K. A.; RODRIGUES, J. C.; DIAS, D. N. Organic substrates and slow-release fertilizing on nutrient accumulation and absorption efficiency of custard apple seedlings. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 4, p. 1 - 8, 2021.
- ANDRADE, R. A. de; LEMOS, E. G. de M.; MARTINS, A. B. G.; PAULA, R. C. Caracterização morfológica de plantas de rambutan. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 613 - 619, 2009.
- ARAÚJO, C. S.; LUNZ, A. M. P.; SANTOS, V. B. dos; ANDRADE NETO, R. de C.; NOGUEIRA, S. R.; SANTOS, R. S. dos. Uso de resíduos agroindustriais como substrato para a produção de mudas de *Euterpe precatoria*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, p. 1 - 12, 2020.
- ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. M. de S.; GONÇALVES, E. de O.; ALMEIDA, K. N. S. de. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, v. 5, n. 1, p. 16 - 23, 2017.
- BAHRAMOV, R.; MAMATYUSUPOV, A.; TOKHTABOEVA, F.; KHOMIDOV, YULDASHEV, H. A comprehensive application of fertilizers for growing plantations in forest nurseries: A brief review. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, v. 614, 012117, 2020.
- BHATTACHARJEE, P.; DAS, S.; DAS, S. K.; CHANDER, S. Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.): A potential fruit for industrial use, serving nutraceutical and livelihood interests and enhancing climate resilience. **South African Journal of Botany**, v. 150, p. 26-33, 2022.
- CABOT, C.; MARTOS, S.; LLUGANY, M.; GALLEGOS, B.; TOLRÀ, R.; POSCHENRIDER, C. A role for zinc in plant defense against pathogens and 2 herbivores. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1 – 33, 2019.

- CHEN, J.; FAN, X.; ZHANG, L.; CHEN, X.; SUN, R. C.; SUN, S. Research progress in lignin-based slow/controlled release fertilizer. **Chemistry–Sustainability–Energy–Materials**, v. 13, n. 17, p. 4356 – 4366, 2020.
- CHEW, K. W.; CHIA, S. R.; YEN, H. W.; NOMANBHAY, S.; HO, Y. C.; SHOW, P. L. Transformation of Biomass Waste into Sustainable Organic Fertilizers. **Sustainability**, 11, 2266, p. 1 – 19, 2019.
- CHEN, W.; HE, Z. L.; YANG, X. E.; MISHRA, S.; STOFFELLA, P. J. (2010). Chlorine nutrition of higher plants: progress and perspectives. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 7, p. 943 – 952, 2010.
- DUARTE, M. L.; PAIVA, H. N.; ALVES, M. O.; FREITAS, A. F.; MAIA, F. F.; GOULART, L. M. L. Crescimento e qualidade de mudas de vinhático (*Platymenia foliolosa* Benth.) em resposta à adubação com o potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 221 - 229, 2015.
- FERMINO, M. H. **Substratos: composição, caracterização e métodos de análise**. Guaíba: Agrolivros, 2014. 112 p.
- GOMES, S. H. M.; GONÇALVES, F. B.; FERREIRA, R. A.; PEREIRA, F. R. M.; RIBEIRO, M. M. J. Avaliação dos parâmetros morfológicos da qualidade de mudas de *Paubrasilia echinata* (pau-brasil) em viveiro florestal. **Scientia Plena**, v. 15, p. 11 - 19, 2019.
- GUTIÉRREZ, C. A.; LEDEZMA-DELGADILLO, A.; JUÁREZ-LUNA, G.; NERI-TORRES, E. E.; IBANEZ, J. G.; QUEVEDO, I. R. Production, Mechanisms, and Performance of Controlled-Release Fertilizers Encapsulated with Biodegradable-Based Coatings. **ACS Agriculturas Science & Technology**, v. 2, p-1101 - 1125, 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.
- HAN, P.; LI, Y.; LIU, Z.; ZHOU, W.; YANG, F.; WANG, J.; YAN, X.; LIN, J. The physiology of plant seed aging: a review. **Sheng Wu Gong Cheng Xue Bao**, v. 38, n. 1, p. 77-88, 2022.
- HASSAN, M. U.; AAMER, M.; CHATTHA, M. U.; HAIYING, T.; SHAHZAD, B.; BARBANTI, L.; NAWAZ, M.; RASHEED, A.; AFZAL, A.; LIU, Y.; GUOQIN, H. The Critical Role of Zinc in Plants Facing the Drought Stress. **Agriculture**, v. 10, n. 9, 396, 2020.
- KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B.; MARCOS FILHO, J. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2 ed. Londrina: ABRATES. 2020. 601 p.
- LANDI, M.; MARGARITOPOULOU, T.; PAPADAKIS, I. E.; ARANITI, F. Boron toxicity in higher plants: An update. **Planta**, v. 250, p. 1011 - 1032, 2019.
- LI, W.; GUO, S.; LIU, H.; ZHAI, L.; WANG, H.; LEI, Q. Comprehensive environmental impacts of fertilizer application vary among different crops: Implications for the adjustment of agricultural structure aimed to reduce fertilizer use. **Agricultural Water Management**, v. 210, p. 1 – 10, 2018.
- LI, W.; ZENG, J.; SHAO, Y. Rambutan – *Nephelium lappaceum*. **Exotic Fruits**, p. 369 - 375, 2018.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.
- MANCA, A.; SILVA, M. R. da; GUERRINI, I. A.; FERNANDES, D. M.; BÔAS, R. L. V.; SILVA, L. C. da; FONSECA, A. C. da; GUGGIU, M. C.; CRUZ, C. V.; SIVISACA, D. C. L.; MATEUS, C. de M. D.; MURGIA, I.; GRILLI, E.; GANGA, A.; CAPRA, G. F. Composted sewage sludge with sugarcane bagasse as commercial substrate for *Eucalyptus urograndis* seedling production. **Journal of Cleaner Production**, v. 269, p. 1 - 10, 2020.
- MAHMOOD, K. FAZILAH, A.; YANG, T. A.; SULAIMAN, S.; KAMILAH, H. Valorization of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) by-products: Food and non-food perspectives. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 3, p. 892–902, 2018.

MIKULA, K.; IZYDORCZYK, G.; SKRZYPCZAK, D.; MIRONIUK, M.; MOUSTAKAS, K.; WITEK-KROWIAK, A.; CHOJNACKA, K. Controlled release micronutrient fertilizers for precision agriculture – A review. **Science of the Total Environment**, v. 712, p. 1 – 9, 2020.

MUNIZ, C.O.; LÔBO, L.M.; FERNANDES, F.P.R.; FERREIRA, E.M.; BRASIL, E.P.F. Efeito de diferentes adubos NPK no processo de produção de mudas de eucalipto. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p. 1162- 1169, 2013.

PERUMAL, A.; ALSALHI, M. S.; KANAKARAJAN, S.; DEVANESAN, S.; SELVARAJ, R.; TAMIZHAZHAGAN, V. Phytochemical evaluation and anticancer activity of rambutan (*Nephelium lappaceum*) fruit endocarp extracts against human hepatocellular carcinoma (HepG-2) cells. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 3, p. 1816–1825, 2021.

PRASAD, R.; SHIVAY, Y. S. Nickel in Environment and Plant Nutrition: A Mini Review. **International Journal of Plant and Environment**, v. 5, n. 4, p. 239 – 242, 2019.

RANA, M. S.; BHANTANA, P.; SUN, X. C.; IMRAN, M.; SHAABAN, M.; MOUSSA, M. G.; SALEEM, M. H.; ELYAMINE, A. M.; BINYAMIN, R.; ALAM, M.; AFZAL, J.; KHAN, I.; DIN, I. U.; AHMAD, I.; YOUNAS, M.; KAMRAN, M.; HU, C. X. Molybdenum as an Essential Element for Crops: An Overview. **Biomedical: Journal of Scientific & Technical Research**, v. 4, n. 5, p. 18535 – 18547, 2020.

RASHIED, T.; ABOAGYE, L. M.; OSAFO, E. A.; DARKO, R.; DASSAH, A.; OPAREH, J. O. Effect of tree age on fruit characteristics, seed emergence and seedling growth in Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). **Journal of Horticultural Sciences**, v. 17, n. 1, p. 245-250, 2022.

RIBEIRO, Í. F. N.; CARVALHO, C. A. de.; ANDRADE, R. A.; SOUZA, F. C. de; BRITO, R. S. de; TEIXEIRA JUNIOR, D. L.; NASCIMENTO, M. M. do. Morfometria de mudas de itaúba (*Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez) produzidas a partir de substratos alternativos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. 1 - 8, 2021.

ROSEN, C. J.; KELLING, K. A.; STARK, J. C.; PORTER, G. A. Optimizing Phosphorus Fertilizer Management in Potato Production. **American Journal of Potato Research**, v. 91, p. 145 - 160, 2014.

SACRAMENTO, C. K.; GATTWARD, J. N.; BARRETO, W. de S.; RIBEIRO, S. J. O.; AHNERT, D. Avaliação da diversidade fenotípica em rambuteiras (*Nephelium lappaceum*) com base na qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 32-38, 2013.

SENA, D. V. dos A.; ALVES, E. U.; ARAÚJO, L. R.; SILVA, R. dos S.; ANJOS NETO, A. P. dos; RODRIGUES, C. M. Ponto de maturidade fisiológica de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* [(Roem. & Schult.) T. D. Penn.]. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 3, p. 1106-1124, 2022.

SHIDU, M. K.; RATURU, H. C.; KACHWAYA, D. S.; SHARMA, A. Role of micronutrients in vegetable production: A review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 1, p. 331-340, 2019.

SILVA, N. da; SILVA, M. A. D. da; MOURA, D. P. de; RODRIGUES, M. B. S.; ALVES, R. M.; SILVA, E. F. da. Germinação e vigor de sementes de *Mimosa tenuiflora* após o armazenamento. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 4, p. 1 - 13, 2022.

SOARES, I. D.; PAIVA, A. V. de; MIRANDA, R. O. V. de; MARANHO, Á. S. Propriedades físico-químicas de resíduos agroflorestais amazônicos para uso como substrato. **Nativa**, v. 2, n. 3, p. 155-161, 2014.

SOLEYMANI, A.; Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed vigor tests for the prediction of field emergence. **Industrial Crops and Products**, v. 131, p. 378 - 386, 2019.

SOUZA C. D. R. SILVA, C. K. Potencial energético dos resíduos da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) para produção de carvão ativado. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 2, p. 1- 11, 2021.

SOUZA, A. G.; SMIDERLE, O. J.; MENEGATTI, R. D.; LIMA, M. A. C. de; NEVES, T. R. das; BIANCHI, V. J. Patents for the Physiological Quality in Seeds of Peach Rootstock Classified by Weight and Stored for Different Period. **Recente Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, v. 10, p. 124 - 130, 2019.

TORGBO, S.; RUGTHAWORN, P.; SUKATTA, U.; SUKYAI, P. Biological characterization and quantification of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) peel extract as a potential source of valuable minerals and ellagitannins for industrial applications. **ACS Omega**, v. 7, p. 34647 - 34656, 2022.

TRIPATHI, P. C.; KARUNAKARAN, G.; SAKTHIVEL, T.; SANKAR, V.; SENTHIL KUMAR, R. Status and prospects of rambutan cultivation in India. **Acta Horticulturae**, v. 1293, p. 33 - 40, 2020.

TSONG, J. L.; GOH, L.; P.; W.; GANSAU, J. A.; HOW, S. E. Review of *Nephelium lappaceum*: A High Potential Supplement. **Molecules**, v. 26, n. 7005, p. 1 - 16, 2021.

VASCONCELOS, A. D. M.; SCARDUA, F. P.; MARTINS, R. de C. C.; SOUZA, A. M. de; AMORIM, F. S. Viabilidade germinativa e condutividade elétrica em sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C Smith (Fabaceae). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 7, n. 2, p. 98 - 104, 2019.

VEJAN, P.; KHADIRAN, T.; ABDULLAH, R.; AHMAD, N. Controlled release fertilizer: A review on developments, applications and potential in agriculture. **Journal of Controlled Release**, 339, p. 321 - 334, 2021.

WINDARSIH, G. Characterization of leaf morphology on several rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars from Serang City, Banten, Indonesia. **Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia**, v. 8, n. 1, p. 18 - 23, 2022.

WISE, T. A. **Old Fertilizer in New Bottles: Selling the Past as Innovation in Africa's Green Revolution**. Global Development and Environment Institute, Tufts University: Medford. 2021. 34 f.