

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ANGELA DA LUZ

ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO DE *Vaccinium corymbosum* cv *Biloxi* SUBMETIDO A
DIFERENTES AMBIENTES E DOSES DE NITROGÊNIO

PONTA GROSSA

2023

ANGELA DA LUZ

ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO DE *Vaccinium corymbosum* cv *Biloxi* SUBMETIDO A
DIFERENTES AMBIENTES E DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO

Dissertação de Mestrado apresentado junto ao
Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de
Concentração: Fruticultura. Linha de Pesquisa:
Fitotecnia.

Orientador: Ricardo Antônio Ayub.

Coorientador: Carlos André Stuepp.

PONTA GROSSA

2023

L978 Luz, Angela da
Enraizamento adventício de *Vaccinium corymbosum* cv *Biloxi* submetido a diferentes ambientes e doses de nitrogênio / Angela da Luz. Ponta Grossa, 2023. 50 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Fitotecnia e Fitossanidade), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antônio Ayub.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos André Stuepp.

1. Mirtileiro. 2. Propagação vegetativa. 3. Minijardim clonal. 4. Multiplicação massal. I. Ayub, Ricardo Antônio. II. Stuepp, Carlos André. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Fitotecnia e Fitossanidade. IV.T.

CDD: 634



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

Título da Dissertação: “**Enraizamento adventício de miniestacas de mirtilheiro submetido a diferentes doses de ureia**”.

Nome: **Angela da Luz**

Conceito

Aprovado

Reprovado

Aprovado pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Antonio Ayub

Dra. Dagma Kratz

Dr. Mauro Brasil Dias Tofanelli



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Antonio Ayub, Professor(a)**, em 03/04/2023, às 17:01, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Dagma Kratz, Usuário Externo**, em 04/04/2023, às 18:07, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **MAURO BRASIL DIAS TOFANELLI, Usuário Externo**, em 18/04/2023, às 12:53, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **1386842** e o código CRC **D211B99E**.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me guiado pelo caminho certo a seguir, por ter me dado forças nos momentos de dificuldade e tranquilidade nos momentos mais conturbados.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Ricardo Antônio Ayub e Prof. Dr. Carlos André Stuepp, pela orientação durante o mestrado, pela paciência (muita paciência) e principalmente pelo conhecimento transmitido.

A todos os colegas do laboratório de fruticultura e do viveiro florestal CAAR que estiveram sempre me dando suporte, em especial a Lorena Camargo, Lauro Cezar, Bernardo Ramos, Ranyelly, Jail bueno que me ajudaram durante a condução do experimento

A minha mãe Jovina Maria da Luz e minhas irmãs Janete da Luz e Jocemara da Luz por todo o amor recebido e por sempre me incentivarem.

Agradeço a professora Rosimeire e as minhas irmãs pelo suporte durante as crises de ansiedade.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Agronomia e a Universidade Estadual de Ponta Grossa pelo suporte oferecido nesses 2 anos de caminhada.

RESUMO

Da Luz, A. **Enraizamento adventício de *Vaccinium corymbosum* cv *Biloxi* submetido a diferentes ambientes e doses de nitrogênio**. Orientador: Ricardo Antônio Ayub. Ponta Grossa, 2023. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR, 2023.

O experimento foi realizado a partir de minijardins clonais, estabelecidos em intensidade luminosa natural e intermediária (50% de intensidade luminosa) formados por mudas clonais de *Vaccinium corymbosum* cv. *Biloxi* plantados em tubetes de 280 cm³ alocados em bandejas metálicas a 50 cm do solo. Para a formação do minijardim clonal foi utilizado substrato Carolina Soil[®]. O minijardim clonal recebeu fertirrigação semanal com volume de 30 mL minicepa⁻¹ de solução nutritiva composta por 1,3 g L⁻¹ de MAP (12-61-00), 0,5 g L⁻¹ de FTE BR 10 [7% Zn, 4 % Fe, 4 % Mn, 0,1% Mo, 2,5 % B, 0,8% Cu] e 3 g L⁻¹ de cloreto de potássio), e diferentes doses de ureia (N) (0, 2,4, 6, 8, e 10 gramas). O minijardim clonal foi implantado segundo um delineamento inteiramente casualizado, em modelo de parcelas subdivididas, com 4 repetições de 5 minicepas por unidade experimental, totalizando 20 minicepas por tratamento. As parcelas foram constituídas pelas coletas sucessivas, e as subparcelas constituídas pelas intensidades de sombreamento e a subsubparcelas constituídas pelas doses de ureia. No minijardim clonal avaliou-se a produtividade de miniestaca por minicepa por coleta. As coletas de miniestacas foram realizadas em intervalos de 30 dias. Foram preparadas miniestacas com 6±1 cm de comprimento e diâmetro médio em torno de 0,2±0,1 cm, mantendo-se dois pares de folhas reduzidas a 50% de sua superfície original. O plantio das miniestacas foi realizado em tubetes de polipropileno com volume de 55 cm³ preenchidos com substrato comercial Carolina Soil[®] a 2 cm de profundidade, posteriormente acondicionadas em casa de vegetação. Transcorridos 60 dias da instalação foram avaliadas as variáveis: porcentagem de enraizamento; número de raízes/miniestaca; comprimento das três maiores raízes/miniestaca (cm); porcentagem de miniestacas com calos; porcentagem de miniestacas com raízes e calos; porcentagem de sobrevivência; porcentagem de mortalidade; porcentagem de emissão de brotos e porcentagem de manutenção de folhas originais nas miniestacas. Para o *Vaccinium* cv *Biloxi* o ambiente sombreado foi favorável para o enraizamento, comprimento médio das três maiores raízes e formação de calos. Em ambiente com intensidade luminosa natural foi observado efeito positivo na produtividade, número de raízes na dose 0,0 g/L de ureia, formação de calo e na manutenção foliar nas doses 2,0; 4,0 e 6,0 g de ureia e na emissão de brotações nas doses 2,0 e 6,0 g de ureia. O enraizamento, comprimento médio das três maiores raízes, raiz e calo, ambiente com 50% de intensidade. As concentrações de NPK foliar foram influenciadas pelo ambiente em intensidade luminosa natural com maiores medias para fósforo (1,75) e potássio (9,52). O ponto de saturação foi de 600nm, porém a nutrição reduziu os efeitos causados pelo excesso de luminosidade.

Palavras-chave: Mirtileiro; Propagação vegetativa; Mini-jardim Clonal; Multiplicação Massal.

ABSTRACT

Da Luz, A. **Adventitious rooting of *Vaccinium corymbosum* cv Biloxi submitted to different shading intensities and nitrogen doses**. Advisor: Ricardo Antônio Ayub. Ponta Grossa, 2023. Dissertation (Master in Agronomy) - Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR, 2023.

The experiment was conducted from clonal minijardim, inserted in environments with natural light intensity and 50% of light intensity, composed of 280 cm³ tubs placed in metal trays at 50 cm from the ground, which were, the substrate filled with the commercial substrate composed of sphagnum moss peat, vermiculite, agroindustrial organic waste class A and limestone. The clonal mini-plant received weekly fertigation with a volume of 30 mL minicepa-1 of nutrient solution composed of 1.3 g L⁻¹ MAP (12-61-00), 0.5 g L⁻¹ FTE BR 10 [7% Zn, 4% Fe, 4% Mn, 0.1% Mo, 2.5% B, 0.8% Cu], and 3 g L⁻¹ potassium chloride), and different doses of nitrogen (N) (0, 2.4, 6, 8, and 10 grams). The minijardim clonal was implemented according to an entirely randomized design, in a model of subdivided plots, with 4 repetitions of 5 minipigs per experimental unit, totaling 20 minipigs per treatment. The plots were constituted by the selective collections, and the subplots constituted by the shading intensities and the subplots constituted by the nitrogen doses. The collection of cuttings was performed at variable intervals of 30 days. Mini cuttings were prepared with 6±1 cm in length and an average diameter around 0.2±0.1 cm, keeping two pairs of leaves reduced to 50% of their original surface. Planting was performed in polypropylene tubes with a volume of 55 cm³ filled with commercial Carolina Soil® substrate to a depth of 2 cm, and then placed in a greenhouse. After 60 days of installation, the following variables were evaluated: rooting percentage; number of roots per cutting; length of the three largest roots per cutting (cm); percentage of cuttings with callus; percentage of cuttings with roots and callus; percentage of survival; percentage of mortality; percentage of shoot emission and maintenance of original leaves in the cuttings and productivity was defined by the ratio of cuttings/ minipot/ collection. For *V. cv biloxi* the shaded environment was favorable for rooting, average length of the three largest roots and roots with callus presence. In an environment with natural light intensity it was observed a positive effect on productivity, number of roots in the dose 0.0 g/L of urea, callus formation and leaf maintenance in the doses 2.0; 4.0 and 6.0 g of urea and in the shoot emission in the doses 2.0 and 6.0 g of urea. The rooting, average length of the three largest roots, root and callus, environment with 50% intensity. The foliar NPK concentrations were influenced by the natural light intensity environment with the highest medians for phosphorus (1.75) and potassium (9.52). The saturation point was 600 nm, but nutrition reduced the effects caused by excess light.

Keywords: Blueberry; Vegetative propagation; Mini clonal garden; Mass propagation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Enraizamento de miniestacas de mirtilheiro cv biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa/PR..... 26
- Figura 2** - Número de raízes de miniestacas de mirtilheiro cv biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR. 27
- Figura 3** - Comprimento médio de três maiores raízes de miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR. 28
- Figura 4** - Percentual de calo em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR. 30
- Figura 5** - Porcentagem de raiz e calo em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR. 31
- Figura 6** - Porcentagem de mortalidade em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR. 32
- Figura 7** - Porcentagem de sobrevivência em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR. 33
- Figura 8** - Porcentagem de brotações em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR. 34
- Figura 9** - Porcentagem de manutenção foliar em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR. 35
- Figura 10** - Porcentagem de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR. 37
- Figura 11** - (A) Fotossíntese líquida em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; (Gs) Condutância estomática $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; (E) Transpiração foliar em $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em função da radiação PAR (porção útil da fotossíntese) em $\mu\text{mol fóton } 2\text{s}^{-1}$ 39

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Análise de variância para produtividade de miniestacas/minicepas/coletas de mirtilheiro cv Biloxi em 3 coletas (04/03, 14/04, 06/12), submetido a quatro doses de ureia e duas intensidades luminosas. 24
- Tabela 2** - Análise de variância para enraizamento (ENR), número de raízes (NR), comprimento médio das três maiores raízes (C.R.), Calo (C), raiz calo (C.R.), sobrevivência (SOBR), mortalidade (MORTE), brotações (BR) e manutenção de folhas (MF) em minie miniestacas/micepas/coletas de mirtilheiro cv *Biloxi* em 3 coletas, submetidos quatro doses de ureia e duas intensidades luminosas..... 25
- Tabela 3** - Anova para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em miniestacas/estacas de mirtilheiro cv biloxi, provenientes de ambiente natural e com 50% de intensidade luminosa, Ponta Grossa – PR. 36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 HIPÓTESES	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO	13
4.1 A CULTURA DO MIRTILEIRO	13
4.2 ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO.....	14
4.3 NUTRIÇÃO NA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA	15
5 MATERIAL E MÉTODOS	18
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	18
5.2 OBTENÇÃO DO MATERIAL VEGETAL E ESTABELECIMENTO DO MINIJARDIM CLONAL.....	18
5.3 MANEJO E NUTRIÇÃO DO MINIJARDIM CLONAL.....	19
5.4 SOBREVIVÊNCIA DE MINICEPAS E PRODUÇÃO DE MINIESTACAS	19
5.5 ENRAIZAMENTO DAS MINIESTACAS.....	19
5.6 ANÁLISE NUTRICIONAL.....	20
5.6.1 Coleta de material.....	20
5.6.2 Preparo do material.....	21
5.6.3 Determinações analíticas	21
5.6.4 Determinação de nitrogênio (N).....	21
5.6.5 Determinação de fósforo (P)	21
5.6.6 Determinação de potássio (K)	22
5.6.7 Curva de luz.....	22
5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
7 CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

No contexto atual o mirtilo se destaca pelo seu alto valor nutricional e por apresentar características benéficas como a presença de antocianinas (responsáveis pela coloração azul), flavonoides e composto fenólicos (BOLAÑOS-ALCÁNTARA, et al., 2021). Convém lembrar que este fruto tem alta capacidade antioxidante de neutralizar os radicais livres. Em virtude dos fatos mencionados o mirtilo é amplamente cultivado e consumido, isso leva a uma demanda de mercado em alimentos ricos em metabólitos secundários que auxiliam na prevenção de doenças.

Das espécies de mirtilheiro *Vaccinium corymbosum* L. e seus híbridos, *V. angustifolium*, *V. virgatum* e *V. ashei*, apresentam qualidade de seus frutos para o mercado fresco, favorecendo sua expansão e adaptação em regiões de clima quente (FANG et al, 2020). Para atender a demanda de mercado o mirtilheiro vem sendo introduzido em regiões tropicais e subtropicais. Essa introdução tem sido viabilizada pelo desenvolvimento de novas cultivares nos programas de melhoramento. Contudo a expansão dessas cultivares em diferentes condições climáticas é limitada pela falta de protocolos eficientes de propagação vegetativa.

O mirtilo pode ser propagado por via sexuada ou assexuada, a segunda mais indicada para aumentar a capacidade de multiplicação do mirtilheiro. A miniestaquia é empregada como uma variação da estaquia convencional, pois parte de material oriundo da estaquia convencional para formar o minijardim clonal e manter suas características genéticas de produtividade. De forma aplicada, alterações nos métodos tradicionais de propagação vegetativa por estaquia tem gerado bons resultados para espécies florestais (STUEPP et al., 2018). Entre elas, a miniestaquia, uma variação da estaquia convencional, pode favorecer a produção de material de forma massal e o revigoramento, promovendo o fornecimento de propágulos jovens (WEEDING et al., 2014).

Minijardins clonais são importantes tanto para a produção quanto para a produtividade de material vegetal de qualidade para propagação vegetativa. A produção está associada à contínua emissão de brotações jovens, ao passo que a produtividade se associa a capacidade de enraizamento adventício, a qual é influenciada pelo manejo adotado no minijardim (KANMEGNE, et al., 2017).

A miniestaquia é reconhecida por viabilizar o enraizamento adventício, que pode ser influenciado por fatores como idade da planta doadora, balanço hormonal, teor de carboidratos, tipo de miniestaca, manutenção foliar e nutrição mineral (ARAÚJO et al, 2019). Portanto há uma necessidade de entender os eventos que proporcionam o enraizamento adventício para a propagação vegetativa do mirtilo.

No Brasil há pouco conhecimento sobre a propagação massal de *V. cv Biloxi* e os estudos científicos ainda são limitados, o que demanda a geração de protocolos eficientes de propagação vegetativa da espécie. Assim objetivou-se avaliar o enraizamento adventício de *V. corymbosum* cv biloxi submetido em dois ambientes e quatro doses de ureia.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar as respostas morfofisiológicas de propágulos de em *V. corimbosum* cv biloxi em minijardim clonal, submetido a diferentes doses de nitrogênio e intensidades de sombreamento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito de sucessivas coletas de miniestacas em minijardim clonal de *V. corymbosum* cv biloxi sobre a maturação e o potencial de multiplicação da espécie.

Avaliar o efeito da nutrição e do sombreamento sobre a sobrevivência, produtividade e qualidade morfofisiológica de miniestacas de *V. corymbosum* cv biloxi;

Avaliar o enraizamento adventício e o vigor radicial de miniestacas de *V. corymbosum* cv biloxi produzidas com diferentes doses de nitrogênio e intensidades de sombreamento.

Avaliar a taxa de multiplicação de mudas de *V. corymbosum* cv biloxi produzidas com diferentes doses de nitrogênio e intensidades de sombreamento.

3 HIPÓTESES

Alta intensidade luminosa associada a fertilização nitrogenada pode proporcionar maiores acúmulos de carboidratos e conseqüentemente melhores respostas ao enraizamento adventício.

Baixa intensidades de luminosidade reduz a produção de fotoassimilados e conseqüentemente o enraizamento adventício.

A fertilização nitrogenada melhora as características morfofisiológicas das matrizes, conferindo melhor enraizamento adventício dos propágulos.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A CULTURA DO MIRTILEIRO

O termo geral mirtilo (*Vaccinium corymbosum* L.) é atribuído aos arbustos perenes que pertencem ao gênero *Vaccinium*. as espécies de *V. corymbosum* são nativas do norte da América (35%) e da América do Sul e América Central (10%) (LOBOS; HANCOCK, 2015; MIAO et al., 2022), com distribuição que vai do Canadá ao México e amplo espectro de condições climáticas (REDPATH et al., 2021). É considerada atualmente uma das quatro pequenas frutas mais importantes mundialmente e em expansão (WU et al., 2022).

De acordo com a necessidade de frio para a indução de florescimento e brotação, o mirtilo pode dividido em três grupos principais, dos quais o grupo Nothen highbush requer mais de 800 horas, já o grupo Habbityes requer de 500 a 800 horas de frio (CAMPA et al., 2018). Esses dois grupos apresentam florescimento tardio durante a primavera, porém podem florescer e emitir brotações ao mesmo tempo, diferente do que ocorre para o grupo Southern highbush com exigência de menos de 500 horas de frio, que apresenta maturação precoce dos frutos e crescimento vegetativo no verão (CUI et al., 2022; PESCIÉ et al., 2018).

Além da baixa exigência em temperatura o mirtilo é adaptado a solos ácidos (pH entre 4,5 e 5,5), com bom aporte de matéria orgânica, úmidos e boa drenagem (PESCIÉ et al., 2018). Essas características relacionadas a adaptação do *V. corymbosum* e seus híbridos elevaram o interesse pela qualidade de seus frutos para o mercado fresco, o que resultou na introdução em regiões subtropicais e tropicais (FANG et al., 2020). Desta forma, a expansão é resultado de programas de melhoramento que possibilitaram a introdução de espécies de mirtilo no germoplasma cultivado de espécies de *V. corymbosum*, e permitindo que novas cultivares abrangessem diferentes condições climáticas (PODWYSZYNSKA et al., 2021; REDPATH et al., 2021).

Em regiões subtropicais houve o aumento na área de produção devido à propagação sexuada e assexuada (SHAHAB, 2018). No Brasil o mirtilo é cultivado na região Sul, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (introduzidas em 1980 pela EMBRAPA Clima Temperado na cidade de Pelotas – RS, com as principais cultivares oriundas da universidade da Florida) e produção em escala comercial a partir de 1990 na região de Vacaria RS) (CONCENÇO et al., 2014; DEMORAES et al., 2007). Em estados de alta latitude como São Paulo e Minas Gerais, novas cultivares do grupo Southern highbush adaptadas a regiões de clima quente têm viabilizado a expansão da cultura (LIMA, 2020).

Apesar da plena introdução e ampla distribuição do mirtilheiro no Brasil, sua expansão é limitada pela falta de protocolo de propagação eficientes, que refletem incapacidade de suprimento das demandas de mercado (SCHUCH et al., 2019; MARANGON et al., 2013). A propagação por estaquia tem sido empregada pela maioria dos produtores de mudas de mirtilo, muito embora nem todas as cultivares possam ser propagadas por este método com qualidade (LA ROSA et al., 2019; QIU et al., 2018).

A mini-estaquia, desenvolvida a partir da estaquia convencional tem sido amplamente aplicada para espécies florestais, consiste na utilização de propágulos de plantas obtidas pela estaquia convencional para compor um minijardim clonal, onde o manejo das plantas matrizes, como aplicação de soluções nutritivas e sucessivas podas, luminosidade e irrigação favorecem o processo de produção de propágulos e o enraizamento adventício (STUEPP et al., 2021). Apesar da estaquia e miniestaquia serem métodos que viabilizam a propagação do mirtilo, diversos genótipos apresentam baixo percentual de enraizamento, exigindo maior tempo necessário para formar mudas clonais da espécie (SCHUCHOVSKI et al., 2019). Assim, é necessário compreender os fatores que influenciam no sucesso da propagação vegetativa para a produção massal.

4.2 ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO

A propagação vegetativa permite a manutenção de características de desejadas de uma planta de interesse. No entanto, pode ser restringida pela falta ou perda da capacidade de enraizamento adventício (RAJAN 2022). Logo, o enraizamento adventício é descrito como um processo fisiológico complexo que pode ser influenciado por fatores endógenos como hormônios e ambientais como luminosidade, temperatura e nutrição mineral. (VILASBOA et al., 2019).

A idade da planta matriz e suas consequências sobre a maturação das plantas pode afetar de forma negativa o enraizamento adventício, visto que o desenvolvimento torna se mais estável com a redução das taxas de crescimento (WEEDING et al., 2014). Nas espécies de mirtilo a maturação é observada com o aumento quantidade de esclerênquima entre o vaso do floema e do xilema, portanto isso resulta na rigidez dos tecidos que conferem barreira ao enraizamento adventício (LA ROSA et al., 2019).

Acresce que a formação de raízes a partir de tecidos não radiculares é viabilizado pela totipotência das células, que em plantas mais velhas é perdida, contudo esse processo pode ser

superado pelo efeito de rejuvenescimento (LI et al, 2021). A juvenilidade pode ser mantida com a poda contínua de minicepas em minijardins clonais (STEPP et al., 2017). Durante o enraizamento adventício ocorrem etapas importantes como desdiferenciação, divisão celular e iniciação (TAHIR, 2022). Portanto, a regeneração tende a ser mais eficiente em tecidos jovens (DIAS-SALA, 2014).

Além da juvenilidade vegetal, outras práticas de manejo aplicadas as plantas matrizes podem também influenciar o enraizamento adventício, por exemplo o sombreamento do ambiente (KANMEGNE et al., 2017). Isso se deve ao fato de as plantas possuírem capacidade de adaptação em função da quantidade de luz incidente (DE SOUZA et al., 2019).

Em condições de sombreamento mínimo as plantas tendem a estiolar e assim elevar o comprimento e o diâmetro do caule, aumentando o aporte de massa seca (PACHOLCZAK et al., 2017). Ao contrário do que ocorre no sombreamento, o pleno sol proporciona maior produtividade, pois está associado a maior produção de carboidratos e hormônios endógenos (FERREIRA et al, 2014). Apesar do pleno sol apresentar uma elevada produtividade este efeito poder ser maximizado com o incremento da nutrição mineral.

4.3 NUTRIÇÃO NA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

O manejo nutricional é considerado importante para a produção de propágulos aptos ao enraizamento adventício, pois promove o equilíbrio de nutrientes de acordo com a demanda das plantas (FILHO et al, 2018). A nutrição influencia no metabolismo de carboidratos, hormônios, processo de lignificação dos tecidos e divisão celular (DE ALMEIDA et al, 2017), além de auxiliar na recuperação dos tecidos após a coleta (FILHO et al, 2018). Portanto o estado nutricional das plantas matrizes é essencial para o desenvolvimento eficiente das raízes adventícias (VILASBOA et al, 2019).

Extremamente moveis e encontrados em grandes quantidades nos tecidos em desenvolvimentos, nitrogênio(N), fósforo (P), potássio (K), exercem funções importantes no enraizamento (TREUMAN et al., 2013), ao passo que ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) são requeridos em menores quantidades, porém são essenciais ao bom desenvolvimento das plantas (TRIPATHI et al., 2014).

O nitrogênio é absorvido nas formas NO^- e NH^+ , constituinte de proteínas e ácidos nucleicos, é incorporado aos meristemas e tem papel importante para o enraizamento adventício (ANDREWS, 2013). O metabolismo de açúcares é associado ao processo de iniciação radicular,

influenciado de forma positiva por elevadas relações C/N (DE ALMEIDA et al., 2017). No processo fotossintético aumenta o estímulo da síntese da ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase, enzima responsável pela assimilação de dióxido de carbono, portanto quanto maior o aporte de N no tecido foliar, maior é atividade da enzima (LIMA, 2020).

O fósforo (P) nos tecidos vegetais é encontrado nas formas de ortofosfato inorgânico livre (Pi) ou como ésteres de fosfato orgânico (MALHOTRA et al., 2018). Considerado, componente dos processos fotossintéticos, que influencia na formação de açúcares, óleos e amido, também auxilia na conversão de energia solar em energia química, bem como no crescimento do sistema radicular (TRIPATH et al., 2014). É também, importante para respiração, sendo associado a síntese de ácidos nucleicos, proteínas e fosfolípidios (DISSANAYAKA, 2021).

Outro nutriente que atua nos processos fotossintéticos é o potássio (K), considerado o cátion mais abundantemente absorvido por plantas superiores (TAHIR et al, 2022), desempenha papel importante por regular a abertura estomática das células guarda (HASANUZZAMAN, 2018), por isso, acumulado principalmente em folhas e caule (FERNÁNDEZ-ESCOBAR, 2016). Constituinte do sistema metabólico das plantas, atua no transporte de metabólitos, nutrientes, hormônios e água pelos vasos do xilema e floema (TRIPATH et al., 2014).

O cálcio (Ca^{2+}) é um nutriente tido como imóvel na planta, que apresenta baixa mobilidade nos tecidos do floema (BANOUD et al., 2021). Porém atua em processos de alongação, divisão celular, ativação enzimática, influencia no movimento da água e equilíbrio de sais nas células vegetais (TRIPATH et al., 2014). Por fim, tem seu acúmulo em regiões do caule, folhas e raízes (FERNÁNDEZ-ESCOBAR et al., 2016).

A princípio os micronutrientes são exigidos em baixas quantidades, contudo são considerados essenciais para o crescimento e o bom desenvolvimento das plantas (HAYDAR, 2022). É um importante componente estrutural de inúmeras proteínas, além de estar envolvido no metabolismo de carboidratos (SADEGHZADEH, 2013). Durante a fase de indução o acúmulo de zinco interfere na atividade de enzimas antioxidantes e na disponibilidade de auxinas, o que favorece respostas relacionadas ao enraizamento (DE ALMEIDA, et al., 2017).

Outros micronutrientes como manganês (Mn) e ferro (Fe), atuam como cofatores e componentes estruturais de peroxidases (DA COSTA et al., 2013). Por ser imóvel nas plantas, o manganês apresenta um acúmulo em folhas mais velhas (TREUMAN et al., 2013). Em contrapartida, o ferro atua no estímulo a divisão celular inicial, que reflete no crescimento radicular, além de estar envolvido na síntese de RNA ribossômico quando em baixa disponibilidade (HILO et al., 2017).

O boro (B) atua na expansão celular, síntese de ácido nucleicos, formação de membranas, formação do tubo polínico, respostas hormonais e biossíntese de lignina (KUTCHERA et al., 2017). No processo de lignificação está associado ao complexo de polímeros (LEWIS, 2019). Contudo, sua ausência afeta o desenvolvimento das plantas, pois atua no metabolismo de auxina (LI et al., 2016).

Portanto o manejo nutricional é importante para fornecer macro e micronutrientes, que são exigidos em todo o metabolismo das plantas. Assim equilíbrio nutricional auxilia no fornecimento de propágulos e enraizamento adventício por atuar nos processos fotossintéticos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram conduzidos nas dependências do Viveiro Florestal da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa (Paraná, Brasil), sob as coordenadas 25°05'S, 50°09'W e 969 m de altitude. O clima da região é do tipo Cfb, caracterizado como subtropical úmido, com verões suaves e temperatura média em torno de 18 °C, sendo a máxima de 31,8 °C e a mínima de 16 °C. A precipitação média anual para a região situa-se em torno de 1.500 mm a 1.800 mm, com chuvas distribuídas uniformemente ao longo do ano, ocorrendo geadas no outono e inverno (SMA, 2021).

5.2 OBTENÇÃO DO MATERIAL VEGETAL E ESTABELECIMENTO DO MINIJARDIM CLONAL

O minijardim clonal de mirtilo *V. Corymbosum* cv. Biloxi foi estabelecido com mudas produzidas pela técnica de miniestaquia. As mudas produzidas foram transferidas para embalagens de 280 cm³ preenchido com o substrato comercial composto por turfa de esfagno, vermiculita, resíduo orgânico agroindustrial classe A e calcário, com pH 5,5, condutividade elétrica de 0,4 mS cm⁻¹, densidade 130 kg m⁻³, capacidade de retenção de água 300 mm⁻¹ e umidade máxima de 60%. Para melhorar a drenagem superficial dos recipientes foi colocado uma camada de 1,0 cm de areia de granulometria média lavada. Após o plantio, as mudas foram colocadas em bandejas metálicas a 50 cm do solo, com densidade de 60 minicepas m⁻² e mantidas em casa de sombra (50% de irradiância e irrigação por microaspersão quatro vezes ao dia por 10 minutos e vazão de 144 L hora⁻¹) com fertirrigação de crescimento para aclimação das mudas ao novo substrato. Durante a fase de aclimação, a adubação foi executada com 4 g L⁻¹ de ureia, 3 g L⁻¹ de superfosfato simples, 0,5 g L⁻¹ de FTE BR 10 [7% Zn, 4 % Fe, 4 % Mn, 0,1% Mo, 2,5 % B, 0,8% Cu] e 3 g L⁻¹ de cloreto de potássio), realizada a cada sete dias até os 60 dias.

5.3 MANEJO E NUTRIÇÃO DO MINIJARDIM CLONAL

Após o período de aclimação, as mudas foram transferidas para dois ambientes, de acordo com a intensidade de sombreamento, sendo o primeiro em pleno sol (0% de sombreamento), e o segundo com 50% de sombreamento (sombrite 50%). Os dois ambientes foram submetidos ao mesmo modelo de irrigação (microaspersão quatro vezes ao dia por 15 minutos, vazão de 196 L hora⁻¹). Previamente a transferência das minicepas aos dois ambientes, foram removidas todas as brotações apicais visando à quebra da dominância e homogeneização das minicepas. A remoção das brotações apicais foi executada 10 cm acima da região do colo das minicepas, tomando-se o cuidado de manter, no mínimo, 20% da área foliar remanescente.

O minijardim clonal recebeu fertirrigação semanal com volume de 30 mL minicepa⁻¹ de solução nutritiva composta por 1,3 g L⁻¹ de MAP (NH₄H₂PO₄), 0,5 g L⁻¹ de FTE BR 10 [7% Zn, 4 % Fe, 4 % Mn, 0,1% Mo, 2,5 % B, 0,8% Cu] e 3 g L⁻¹ de cloreto de potássio), e diferentes doses de ureia compostas por 0,0 2,0 4,0 6,0 8,0 e 10,0 g/L.

As coletas de brotações foram realizadas em intervalos variáveis de 30 dias, de maneira seletiva, ou seja, brotações maiores que 8,0 cm de comprimento e com mais de três pares de folhas, brotações com padrões inferiores foram mantidas nas minicepas para as coletas subsequentes. O minijardim clonal foi implantado segundo um delineamento inteiramente casualizado, num modelo de parcelas subdivididas, com 4 repetições de 5 minicepas por unidade experimental, totalizando 20 minicepas por tratamento. As parcelas foram constituídas pelas sucessivas coletas, e as subparcelas constituídas pelas intensidades de sombreamento e a subsubparcelas constituídas pelas doses de ureia.

5.4 SOBREVIVÊNCIA DE MINICEPAS E PRODUÇÃO DE MINIESTACAS

Ao longo das sucessivas coletas foram avaliadas a porcentagem de sobrevivência de minicepas, a produção de miniestacas por minicepa (miniestacas minicepa⁻¹) por coleta e estado nutricional. Estas variáveis foram avaliadas por um período de março a dezembro de 2022.

5.5 ENRAIZAMENTO DAS MINIESTACAS

Foram preparadas miniestacas com 6±1 cm de comprimento e diâmetro médio em torno de 0,2±0,1 cm, retirando o ápice caulinar, mantendo-se dois pares de folhas reduzidas a

50% de sua superfície original e corte da base em bisel. O plantio foi realizado em tubetes de polipropileno com volume de 55 cm³ preenchidos com substrato comercial Carolina Soil[®] (composto por turfa Sphagnum, vermiculita expandida, calcário dolomítico, gesso agrícola) a 2 cm de profundidade, posteriormente acondicionadas em casa de vegetação com irrigação por microaspersão com vazão de 22 L hora⁻¹).

Transcorridos 60 dias da instalação foram avaliadas as variáveis: porcentagem de enraizamento (miniestacas vivas com raízes de pelo menos 2 mm de comprimento); número de raízes/miniestaca; comprimento das três maiores raízes/miniestaca (cm); porcentagem de miniestacas com calos (miniestacas vivas, sem raízes, com formação de massa celular indiferenciada na base); porcentagem de miniestacas com raízes e calos (miniestacas vivas, com raízes de pelo menos 2 mm de comprimento e formação de massa celular indiferenciada na base); porcentagem de sobrevivência (miniestacas vivas que não apresentaram indução radicial nem formação de calos); porcentagem de mortalidade (miniestacas que se encontravam com tecidos necrosados); porcentagem de emissão de brotos (emissão de novos brotos de pelo menos 2 mm de comprimento) e manutenção de folhas originais nas miniestacas (porcentagem de miniestacas que mantiveram as folhas originais) e a produtividade foi definida pela relação miniestaquia/minicepa/coleta.

Os experimentos de enraizamento foram instalados num delineamento inteiramente casualizado, em modelo fatorial 2 x 4 (duas intensidades luminosas x quatro doses de nitrogênio), com quatro repetições de 20 miniestacas por unidade experimental.

5.6 ANÁLISE NUTRICIONAL

5.6.1 Coleta de material

Foram coletados todos os ramos com altura maior de 10 cm, para obter a maior quantidade de material, permanecendo pelo menos um par de folhas para induzir novas brotações nas plantas matrizes.

Após a coleta, o material vegetal foi transportado em caixas de isopor, devidamente hidratados, para o Laboratório de Nutrição de Plantas da Universidade Estadual de Ponta Grossa. No laboratório, o material vegetal foi desinfetado em solução aquosa a 0,1 a 0,3% de detergente neutro, seguida de lavagem rápida em água deionizada por um período de 20 a 30 segundos.

5.6.2 Preparo do material

No laboratório de nutrição de plantas, as amostras devidamente identificadas por tratamento e repetição foram submetidas ao processo de secagem em estufa com circulação e renovação de ar a temperatura de 60 a 65 °C, com a finalidade de conter as reações enzimáticas, até peso constante durante três dias. Após a secagem cada amostra identificada foi submetida a trituração em moinho tipo Willey com lâminas de inox e peneiras de 0,5 a 1,0 milímetro.

5.6.3 Determinações analíticas

No preparo dos extratos foram retirados todos os elementos ligados e adsorvidos aos compostos orgânicos pelo método de digestão úmida aberta, no qual o tecido vegetal foi oxidado com a utilização de ácido hipercloreto (HClO).

5.6.4 Determinação de nitrogênio (N)

Para a digestão úmida foi necessário 100g de amostra das plantas de cada tratamento por repetição, adicionado a 7,0 ml da solução digestora. Finalizado o processo de digestão foi realizado a destilação da amostra no aparelho Kjeldahl. Finalizada a digestão foi realizada a titulação da amostra destilada e em seguida o N foi calculado pela fórmula:

$$N \text{ (g/Kg)} = (\text{Vol. utilizado na titulação} - \text{Vol. gasto na prova em branco} * 2,8 * \text{fator de padronização}).$$

Reagentes necessários para determinação de N foram: água deionizada, Na₂SeO₃, Na₂SeO₃ H₂O, NaSO₄, CuSO₄ 5H₂O, NaOH 18N, ácido bórico e H₂SO₄ 1,0N, H₂SO₄ 0,02N.

5.6.5 Determinação de fósforo (P)

A determinação de fósforo foi realizada em aparelho espectrofotômetro de absorção molecular. Para a determinação do extrato foram necessários, extrato nítrico perclórico, água pura e os seguintes reagentes solução estoque de P, solução padrão de P, solução de H₂SO₄ 10 N, reativo colorido, molibdato de amônio e metavanadato de amônio 0,25%.

O cálculo de P foi precedido de transformação dos dados de absorvância em log (transmitância), precedido pela equação de calibração $y = a + bx$ e por fim $P \text{ (g/Kg)} = ((\text{absorbância} + a) / b) / 2$.

5.6.6 Determinação de potássio (K)

Para determinação de K foi utilizado aparelho fotômetro. Foram utilizados os seguintes reagentes: solução estoque K 1000 (mg/L), solução padrão de trabalho, fenolftaleína 0,5%, Hidróxido de amônio (1:1) e ácido perclórico 4 ml/L.

Cálculo para determinação de K (g/Kg) será precedido pela equação $y = a + bx$ e $K \text{ (g/Kg)} = ((\text{valor da leitura} + a) / b) * (a / b)$.

5.6.7 Curva de luz

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas com analisador de gases infravermelho portátil (IRGA), modelo LICOR (identificar), com área de câmara de 0.0006 m^2 , densidade de fótons fotossinteticamente ativos fixados em $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e taxa de fluxo de $800 \mu\text{mol s}^{-1}$ e CO_2 local. Antes do início das medições realizou a calibração local do equipamento.

As leituras foram realizadas entre 9 e 11 horas no mês março, para obter a curva de luz foram mensuradas fotossíntese líquida ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; (E) transpiração foliar em $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em função da radiação PAR (porção útil da fotossíntese) em $\mu\text{mol fóton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Foram utilizados 11 comprimentos de onda (50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700 e 800 nm). As medições com o IRGA foram realizadas em uma planta de cada tratamento em cada repetição, selecionando se a terceira ou quarta folha do ápice para a base totalmente expandida e não sombreada. Optou se pela terceira ou quarta folha, por serem folhas fisiologicamente maduras.

5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente realizou se análise descritiva dos dados e foi aplicado teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Os dados que não apresentavam normalidade foram transformados pelo modelo de Box-Cox. As variâncias dos tratamentos foram avaliadas

quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett, e as variáveis que apresentaram diferenças significativas pelo teste F tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A análise de regressão foi empregada para verificar a dose de máxima eficiência técnica para enraizamento de miniestacas. Para verificar a influência das temperaturas e as variáveis de produtividade avaliadas em minijardim clonal e entre as variáveis biométricas em miniestacas, aplicou-se a análise de correlação de Pearson ($p < 0,01$ e $p < 0,05$). O programa computacional utilizado para execução das análises através do Rstudio com os pacotes estatísticos `Expedespt`, `Mass`, `Car`, `Easianoiva` e `Dplyr` (CORE TEAM, 2023).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância para a produtividade de miniestacas de mirtilieiro ao longo de três coletas é apresentado na tabela 1. Os resultados obtidos nesse estudo refletem a adaptabilidade do material nas condições ambientais de intensidade luminosa natural e 50% reduzida, associada a nutrição mineral com diferentes doses 0,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 de ureia g/L. Foi possível observar efeito de interação durante a segunda coleta (14/04), Tabela 1., com resultados superiores para o ambiente de luminosidade natural. Na terceira coleta (06/12) foi possível observar diferença significativa apenas entre ambientes.

Tabela 1 - Análise de variância para produtividade de miniestacas/minicepas/coletas de mirtilieiro cv Biloxi em 3 coletas (04/03, 14/04, 06/12), submetido a quatro doses de ureia e duas intensidades luminosas.

	Produtividade (04/03)			
	GL	C1	C2	C3
Ambiente	1	1.32978*	45.12*	2.8927*
Dose	3	0.81358*	31.257 ^{ns}	0.2420
Amb. X Dose	3	0.06785 ^{NS}	287.63	0.8307*
Resíduos	18	0.82001	601.50	1.3441
Total	31	3.03122	965.50	5.3096
CV%		7.09	24.88	7.74

*Significativo ao nível de 5%; ^{ns} não-significativo ao nível de 5%.; A, ambiente; D, dose; GL, graus de liberdade; CV., Coeficiente de variação.

Nas doses de 8,0 e 10,0 houve mortalidade das plantas. Não houve coletas de propágulos durante os meses de julho a setembro, pois as plantas não produziram brotações aptas a coleta.

A produtividade de miniestacas/ minicepas/coleta para primeira coleta observou se diferença significativa entre ambientes com média 2,81 em ambiente com luminosidade natural superior a ambiente com 50% de intensidade luminosa 2,40, também foi observada diferença significativa entre as doses com melhores resultados 2,76% e 2,73% para doses 4,0 e 6,0. Na segunda coleta (14/04) apresentou melhores resultados para as doses 2,0 e 6,0 g/L de ureia com médias 24% e 25,5%, respectivamente, em ambiente com intensidade luminosa natural e menores desempenhos em 50% de intensidade luminosa com médias 16% e 18%. Para a terceira coleta (06/12) nas doses de 2,0, 4,0 e 6,0 g/L de ureia com médias 3,43%, 3,44% e 3,47%, respectivamente, em ambiente com intensidade luminosa natural e médias inferiores para ambiente com 50% de intensidade luminosa com médias 2,95%, 2,69% e 2,45%, respectivamente.

Na Tabela 2, durante a primeira coleta (04/03) foi observado efeito de interação para as variáveis número de raízes, raiz e calo, sobrevivência e brotações, para a segunda (04/14) coleta houve interação para número de raízes, sobrevivência e manutenção foliar e na terceira coleta (06/12) a interação apenas para calo e brotações.

Para a formação de calo, houve efeito significativo do ambiente para a primeira coleta (04/03) e interação na terceira coleta (06/12). Já a presença de calos e raízes apresentou interação durante a primeira coleta (04/03) e na segunda coleta (14/04) efeito significativo apenas para o ambiente de pleno sol.

Com relação ao percentual de miniestacas mortas, observou-se diferença significativo durante a primeira coleta para as doses de ureia. Já, para sobrevivência durante a primeira e segunda coleta houve efeito para interação ambiente e dose.

Na emissão de brotações foi observado interação apenas na primeira (04/03) e segunda coleta (14/04). E a manutenção foliar apresentou efeito para interação apenas segunda coleta 14/04, o efeito significativo entre tratamentos com doses de ureia foi observado na segunda coleta (14/04) e na terceira (06/12) coleta diferença significativa entre os ambientes.

Tabela 2 - Análise de variância para enraizamento (ENR), número de raízes (NR), comprimento médio das três maiores raízes (C.R.), Calo (C), raiz calo (C.R.), sobrevivência (SOBR), mortalidade (MORTE), brotações (BR) e manutenção de folhas (MF) em minie miniestacas/micepas/coletas de mirtilheiro *cv Biloxi* em 3 coletas, submetidos quatro doses de ureia e duas intensidades luminosas.

(continua)

Fonte de	Quadrado médio (04/03)									
	Variação	GL	ME	NR	CMR	C	RC	S	M	B
Ambiente	1	0.09*	10.51*	3.18*	0.007*	0.02 ^{ns}	0.001*	0.03 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.04*
Dose	3	0.23*	10.74*	1.85 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.15*	0.016*	0.1*	0.25 ^{ns}	0.13*
A.X D	3	0.12 ^{ns}	27.20*	1.40 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.29*	0.023*	0.00 ^{ns}	0.10*	0.00 ^{ns}
Resíduo	24	0.48	50.89	4.61	0.014	0.60	0.02	0.36	0.25	0.31
Total	31	0.93	99.36	11.05	0.026	1.07	0.090	0.54	0.70	0.50
CV%		19	34.21	34.8	107.57	36.1	90.19	97.47	14.24	13.76

Fonte de	Quadrado médio (14/04)									
	variação	GL	ME	NR	C.R.	C	R.C	S	M	B
Ambiente	1	0.21 ^{ns}	0.78 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.10*	0.07*	0.00 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.35 ^{ns}
Dose	3	0.10 ^{ns}	2.96*	0.38 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.06*	0.00 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.03 ^{ns}
AX D	3	0.10*	1.61 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.09	0.18*	0.00 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.09*
Resíduo	24	0.26	7.39	4.61	0.30	0.30	0.22	0.02	0.25	0.20
Total	31	0.68	12.76	1.92	0.35	0.60	0.54	0.03	0.42	0.68
CV%		22.83	37.48	40.6	35.01	32.75	57.45	136.26	14.69	11.31

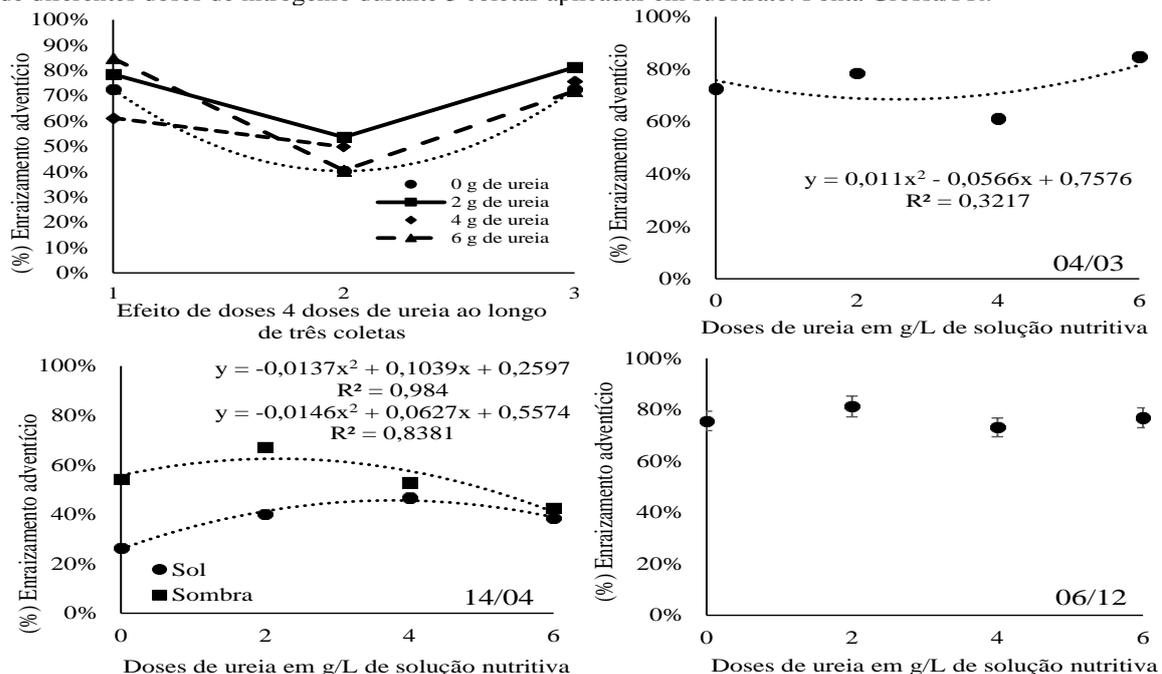
Tabela 3 - Análise de variância para enraizamento (ENR), número de raízes (NR), comprimento médio das três maiores raízes (C.R.), Calo (C), raiz calo (C.R.), sobrevivência (SOBR), mortalidade (MORTE), brotações (BR) e manutenção de folhas (MF) em minie miniestacas/micepas/coletas de mirtilheiro *cv Biloxi* em 3 coletas, submetidos quatro doses de ureia e duas intensidades luminosas.

Fonte de variação	G	Quadrado médio (14/04)								
		ME	NR	CMR	C	RC	S	M	B	MF
Ambiente	1	0.01 ^{ns}	1.71*	0.001 ^{ns}	0.18*	0.003 ^{ns}	0.032 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.013 ^{ns}
Dose	3	0.02 ^{ns}	3.17 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.040 ^{ns}	0.049 ^{ns}	0.0178 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.002 ^{ns}
A.X D	3	0.06 ^{ns}	2.16 ^{ns}	0.013 ^{ns}	0.05*	0.069 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.0232 ^{ns}	0.16*	0.005*
Resíduo	24	0.23	7.75	0.050	0.05	0.583	0.317	0.0775	0.34	0.06
Total	31	0.34	12.76	0.66	0.35	0.69	0.40	0.11	0.71	0.038
CV%		12.95	37.48	17.91	31.21	44.17	87.38	101.14	16.09	2.76

*Significativo ao nível de 5%; ^{ns} não-significativo ao nível de 5%; A, ambiente; D, dose; GL, graus de liberdade; CV., Coeficiente de variação.

Observa-se que na primeira coleta 04/03, para o enraizamento os maiores resultados foram verificados para o ambiente com 50% de incidência luminosa e dose 4,0 e 6,0 g/L de ureia, respectivamente, com médias 61 e 79% respectivamente. Na segunda coleta (14/04), maiores médias 54% e 67% para doses 0,0 e 2,0 g/L de ureia em ambiente com 50% de intensidade luminosa e diferença significativa entre as doses 2,0 e 6,0 com médias 67 e 42% apenas em ambiente com 50% de intensidade luminosa, Figura 1.

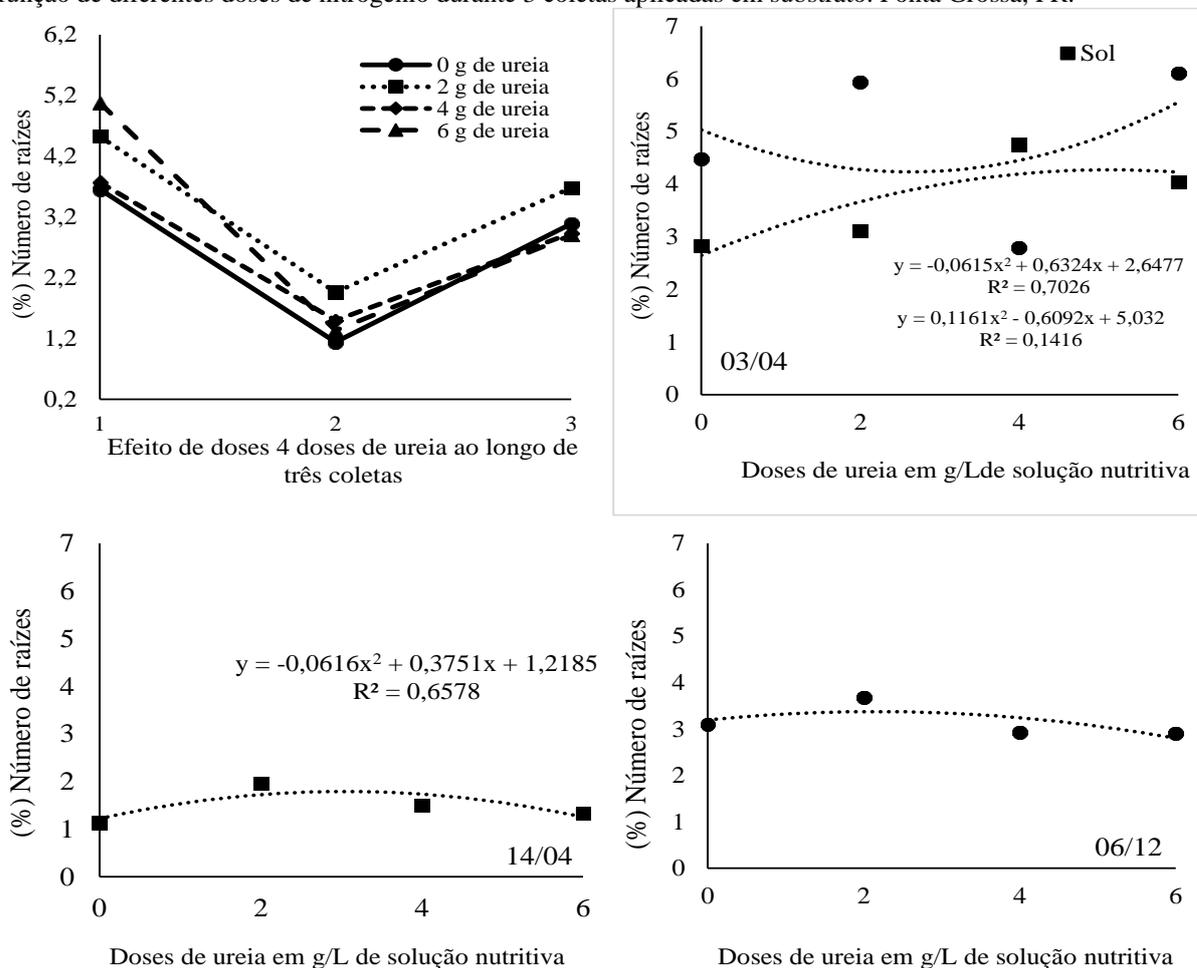
Figura 1 - Enraizamento de miniestacas de mirtilheiro *cv biloxi* durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa/PR.



Fonte: a autora.

Para a variável número de raízes observou na primeira coleta efeito do ambiente com 50% de luminosidade para a dose 2,0 g/L de ureia, com média 5,94 raízes por miniestaca superior ao ambiente com intensidade luminosa natural 3,10 raízes. Também foi observado diferença significativa para doses 6,0 e 2,0 com 6,11 e 5,94 raízes por miniestacas em ambiente com 50% de intensidade luminosa, respectivamente (Figura 2). Na segunda coleta houve diferença significativa apenas entre as doses 0,0 e 2,0 g/L de ureia com médias de 1,13 e 1,96 raízes, respectivamente. Na terceira coleta houve diferença significativo entre ambientes com médias 3,38 raízes por miniestacas em ambiente de intensidade luminosa natural e 2,91 em 50% de intensidade luminosa. Figura 2.

Figura 2 - Número de raízes de miniestacas de mirtilheiro cv biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR.

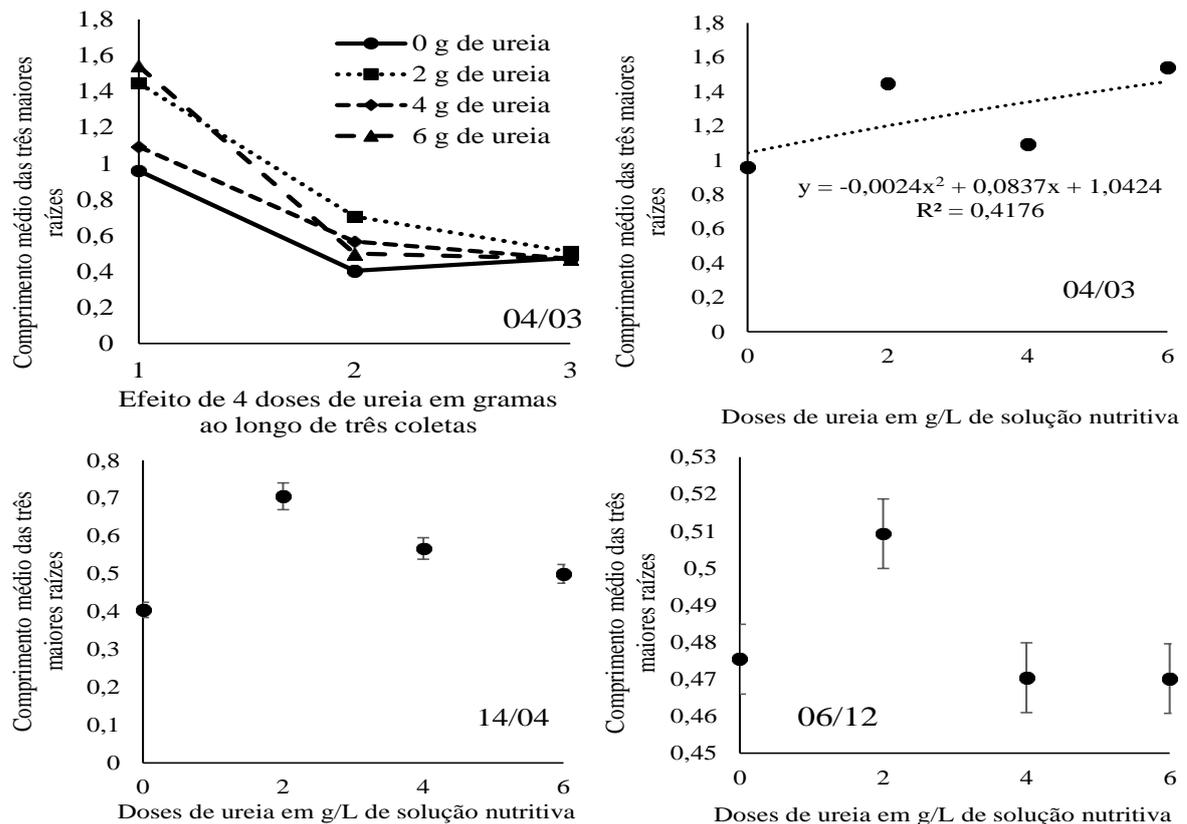


Fonte: a autora.

O comprimento das três maiores raízes, apresentou diferença significativa apenas entre ambiente na segunda coleta (04/03), com média 1,57cm em miniestacas provenientes de

ambiente com intensidade luminosa superior aos propágulos provenientes de ambiente com 50% intensidade luminosa natural 0,94 cm, Figura 3.

Figura 3 - Comprimento médio de três maiores raízes de miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR.



Fonte: a autora.

O estado morfofisiológico das plantas matrizes, que influenciam o enraizamento adventício pode ser manipulado por práticas de cultivo e manejo, como o sombreamento (KANMEGNE et al., 2017). Plantas matrizes colocadas em ambientes sombreados, ou estioladas, podem ser consideradas mais aptas ao enraizamento adventício, resultado de alterações histológicas e hormonais, incluindo aumento do comprimento e redução do diâmetro do caule em comparação com plantas controle cultivadas em luz plena (PACHOLCZAK et al., 2017). Assim em condições sombreadas a redução da incidência luminosa induz a biossíntese de auxina, com seu transporte pelas camadas externas de células ao cilindro central do caule, que são menos efetivas, resultando no alongamento celular do caule (DA COSTA et al, 2013).

Além disso, a alta luminosidade acarreta no aumento da atividade fotossintética que eleva a produção de brotações (FORMISANO et al., 2022). Em ambiente com incidência de

luz natural a produtividade tende a ser maior, assim como número e comprimento médio de raízes, contudo, esses resultados geralmente estão associados com períodos de coleta com temperatura elevada (STUEPP et al, 2017). Isso pode estar relacionado com a produção de fotoassimilados para atender as demandas da planta e regulação osmótica (LIU et al., 2020). Portanto em intensidade luminosa natural ocorreu um aumento na produção de brotações para suprir a demanda evaporativa e produção de esqueletos de carbono, como visto neste estudo.

Por outro lado, durante a terceira coleta (06/12), apesar de não ter diferenças entre os tratamentos, proporcionou maior produtividade para ambos os ambientes, o que pode ser associado a época reprodutiva do mirtilo, que no Sul do Brasil, inicia se em agosto e termina entre setembro e outubro (CEZAROTTO et al, 2017). Neste caso, a floração iniciou-se na metade de julho, com máxima floração até o mês de setembro e se estendendo até novembro, fato provavelmente relacionado a manutenção do vigor juvenil, consequência das constantes podas e adubação nitrogenada.

A maturação em espécies lenhosas pode estar relacionada com a presença de células esclerenquimáticas que atuam como barreira ao enraizamento adventício, contudo em tecidos jovens essas células estão presentes em quantidades menores (ZARGAR, 2018). Assim a maturação, em propagação vegetativa, pode ser considerada uma etapa em que os tecidos perdem a capacidade de regenerar novas raízes (WEDDING et al, 2014). Em virtude disso, a regeneração é mais eficiente em estágio iniciais de desenvolvimento (DÍAS-SALA, 2014). Isso se deve ao fato de que o processo de revigoramento nos tecidos meristemáticos do caule recupera algumas ou todas as características juvenis perdidas com a maturidade (ZHANG, 2022). Logo, a eficiência no enraizamento adventício está associada a capacidade e respostas aos promotores de enraizamento, com a evolução da maturação as células perdem a competência ao enraizamento, ou seja, a capacidade de se organizar na presença de auxina (DA COSTA et al., 2013).

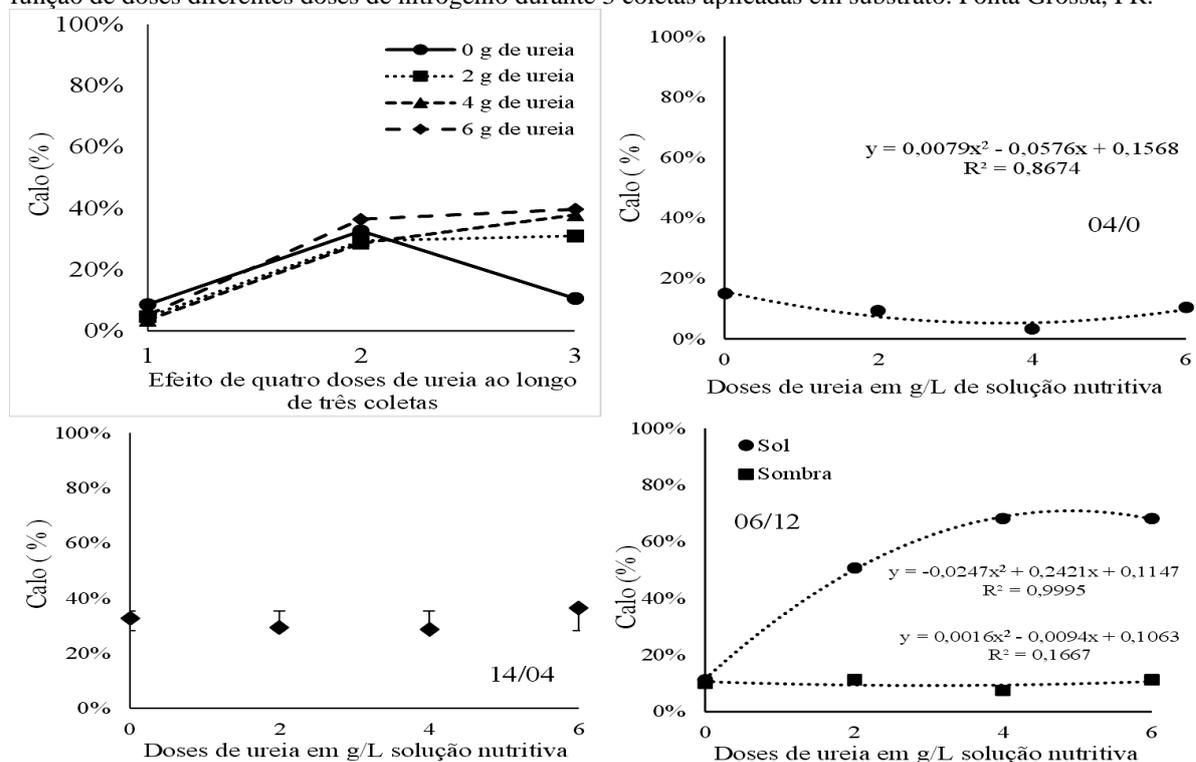
Ademais, no processo de enraizamento a divisão celular é favorecida pelo aumento da temperatura, com maior produção de auxina nos meristemas apicais e consequente translocamento para as bases dos propágulos, onde ocorrerá a formação de raízes adventícias (NAVROSKI et al., 2022). Inclusive, a auxina atua no controle da formação das raízes adventícias, e sua produção assim como a de esqueletos de carbono, é dependente da luminosidade (FERREIRA et al, 2014). Contudo, altos níveis de irradiância tendem a acelerar o processo respiratório, aumento o gasto energético das plantas (DE ALMEIDA et al, 2017).

A produção de carboidratos é dependente da fotossíntese, é controlada pela abertura estomática que por sua vez é regulada pelas condições ambientais e disponibilidade hídrica da

planta (KATSIKOIANNIS et al., 2022). O fornecimento de recursos favorecerá a parte aérea quando a luz não for limitante e as raízes quando os nutrientes ou água não forem limitantes (TCHOKPONHOUE et al., 2019). Contudo, em condições de estresse hídrico o fechamento estomático acarreta a redução da fotossíntese ocasionada pela redução das trocas gasosas e concentração interna de CO₂ (BLIND et al., 2018). Portanto, isso pode explicar a maior quantidade de raízes e menor comprimento radicial, uma vez que em pleno sol a irradiância gera um estresse nas plantas e após o corte essas estruturas enfrentam um novo estresse causado pela incisão, pela redução em 50 % da área foliar e aumento da temperatura dentro da casa de vegetação, desta forma ocorre aumento no número de raízes para atender a demanda evaporativa da estrutura.

Para a formação de calo, Figura 4, a primeira coleta (04/03) apresentou diferença significativa apenas entre os ambientes com média superior de 38% para ambiente com intensidade luminosa natural e 0,72% para 50% de intensidade luminosa. Na terceira coleta (06/12) o efeito do ambiente de intensidade luminosa natural foi superior com diferença significativa para as doses 0,0; 4,0 e 6,0, com médias 25%, 29% e 29%, respectivamente. Para o ambiente com 50% de intensidade luminosa as médias para as mesmas doses foram 0,9%, 0,6% e 0,9%, respectivamente.

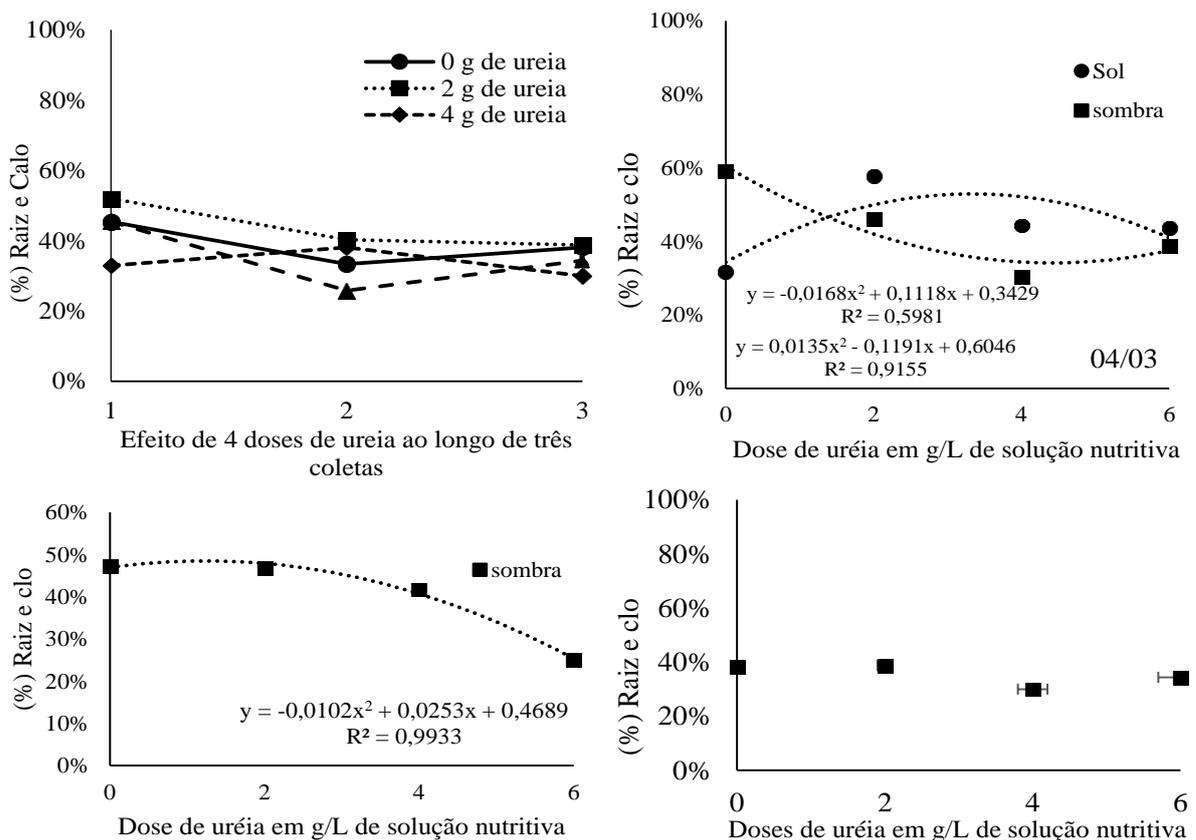
Figura 4 - Percentual de calo em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR.



Fonte: a autora.

Para raízes e calo, durante a primeira coleta foi observado efeito do ambiente sobre o tratamento com dose 0,0 com média 59% em ambiente com intensidade luminosa natural e 31% para 50% de intensidade luminosa. O tratamento com doses de ureia apresentou diferença significativa entre doses apenas no ambiente com 50% de intensidade luminosa, com médias 59% e 221% para doses 0,0 e 4,0, respectivamente. Durante a segunda coleta efeito significativo apenas entre os ambientes, com média de 40% em ambiente de 50% de intensidade luminosa, superior ao pleno sol com 28%, Figura 5. Contudo a formação de calo não ultrapassou 50% em todas as coletas e para raiz e calo foi inferior a 50%, esses resultados indicam que o enraizamento ocorre de forma direta.

Figura 5 - Porcentagem de raiz e calo em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR.



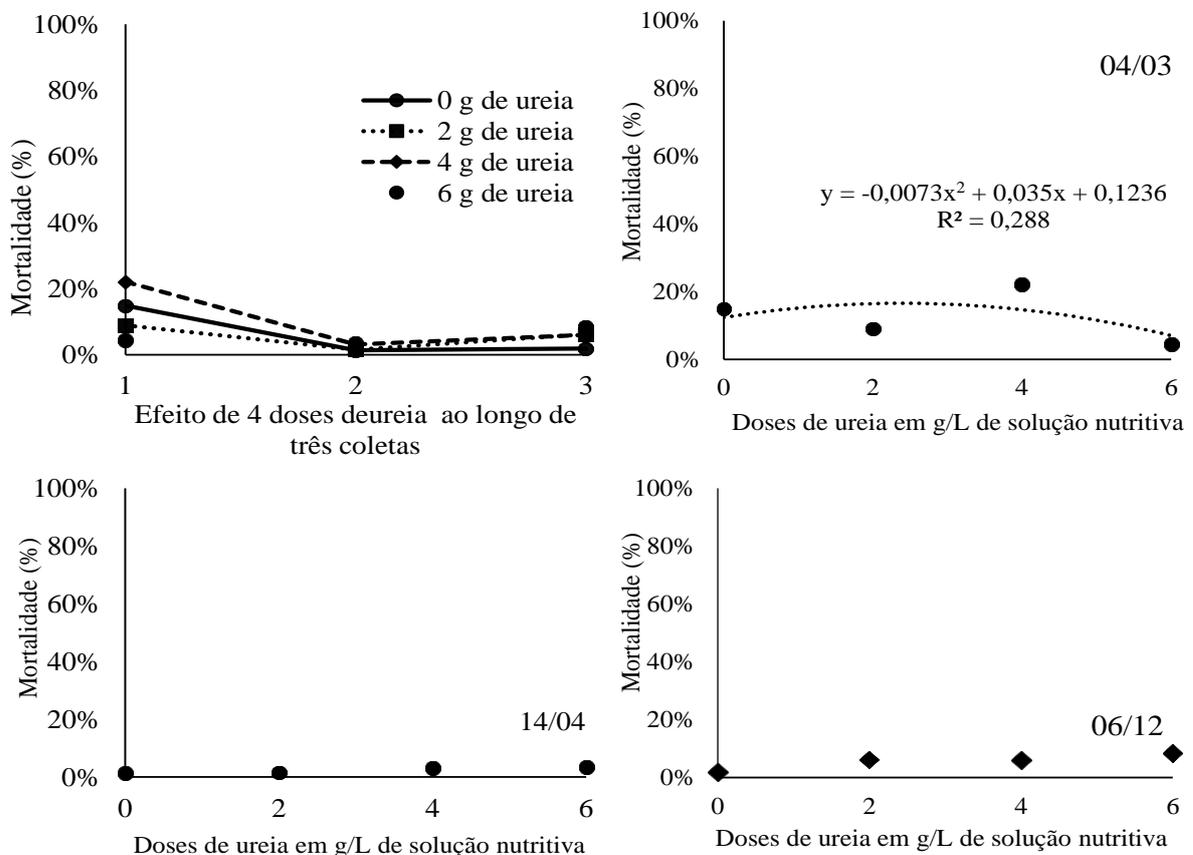
Fonte: a autora.

A produção de calos em espécies lenhosas pode ser um precedente para a formação de raízes adventícias e um indicativo da eficiência do processo de desdiferenciação dos tecidos (FAUERHARMEL et al., 2020). O enraizamento adventício pode seguir a rota direta ou indireta a depender da estabilidade metabólica (GUAN et al., 2015). Após o fermento causado pela

incisão, ocorre uma deposição de suberina para evitar a desidratação dos tecidos, nessa região ocorre a formação de massa de células parenquimáticas desorganizadas e em diferentes estágios de lignificação (PEREIRA, 2019). Vale destacar, em sucessivas coletas da cultivar clímax, que todas as miniestacas que apresentaram enraizamento adventício tiveram a presença de calo, mesmo não ultrapassando os 15%, isso demonstra a dependência da formação de massa calosa para posterior formação das raízes adventícias na propagação do mirtilheiro (STUEPP, et al., 2021). Desta forma, é possível que a formação de massa de calos esteja também associada a questões genéticas desta espécie.

Com relação ao percentual de miniestacas mortas, observou-se maiores médias para os tratamentos 4,0 e 6,0 g/L de ureia, com 22% e 4%, respectivamente, Figura 6. No entanto, para sobrevivência na primeira coleta (04/04) as maiores médias foram observadas para o tratamento com 0,4 g de ureia em 50% de intensidade luminosa natural, com médias de 31%, superior ao ambiente de intensidade luminosa natural com 2%.

Figura 6 - Porcentagem de mortalidade em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR.



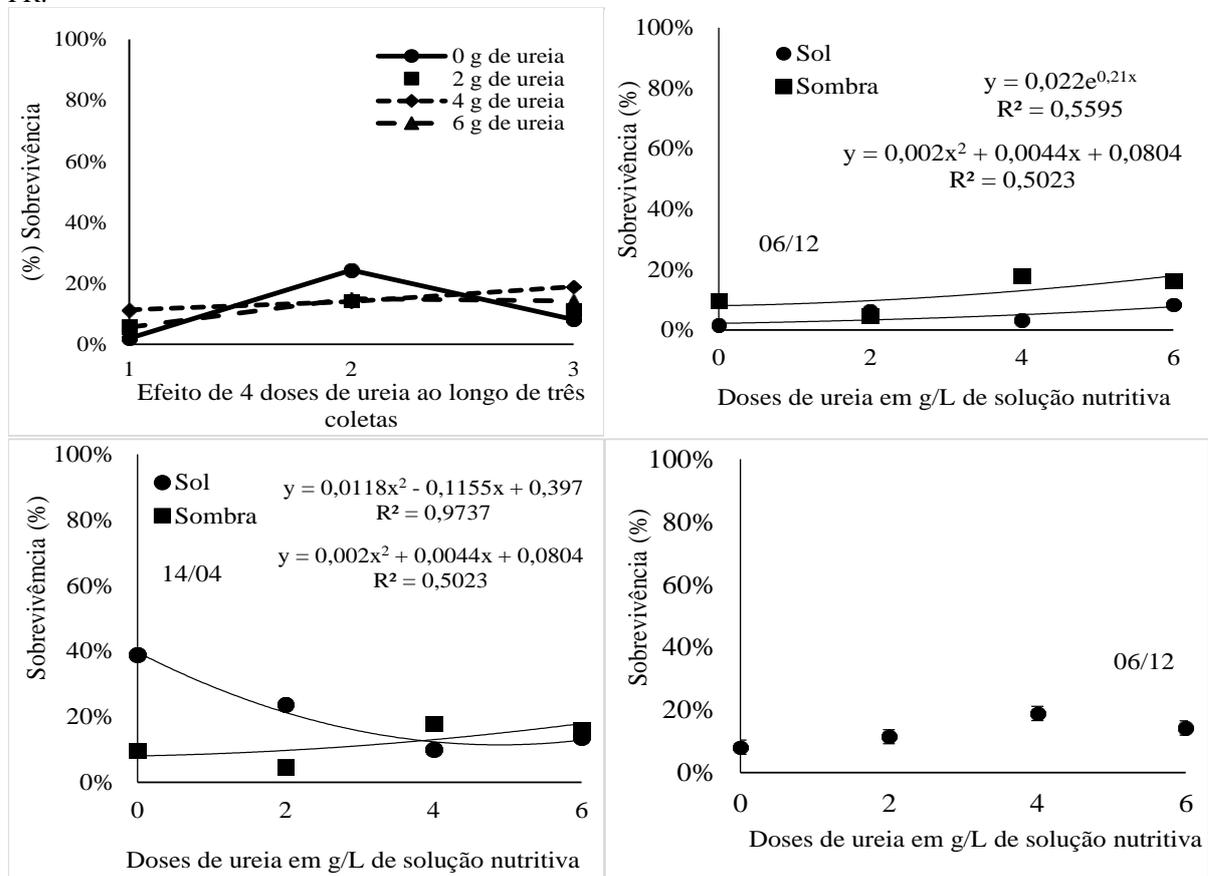
Fonte: a autora.

Durante a segunda coleta observou-se melhor resposta para o tratamento com 0,0 e 0,2 g/L de ureia em ambiente com 50% de intensidade luminosa com percentuais de 38 e 23%, respectivamente, para o ambiente com intensidade luminosa natural, para as mesmas doses, os percentuais foram 9% e 4%, respectivamente. Figura 7.

A mortalidade pode estar associada a baixa atividade dos tecidos e o acúmulo de compostos fenólicos que pode inibir o enraizamento (LA ROSA et al., 2017). Os resultados referentes ao baixo percentual de mortalidade e sobrevivência de miniestacas após a instalação das miniestacas em casa de vegetação podem ser um reflexo do elevado grau de enraizamento, uma vez que o manejo do minijardim clonal elevou o teor de fotoassimilados que contribuíram para a regeneração dos tecidos e adaptação ao ambiente em estufa.

A porcentagem de sobrevivência, miniestacas que não enraizaram ou apresentaram formação de calos, é um indicativo de que o ambiente de enraizamento apresentou condições favoráveis para a manutenção prolongada do material, e as reservas eram suficientes para a sua sobrevivência durante o período sem a formação de raízes adventícias (HIGUCHI et al., 2022).

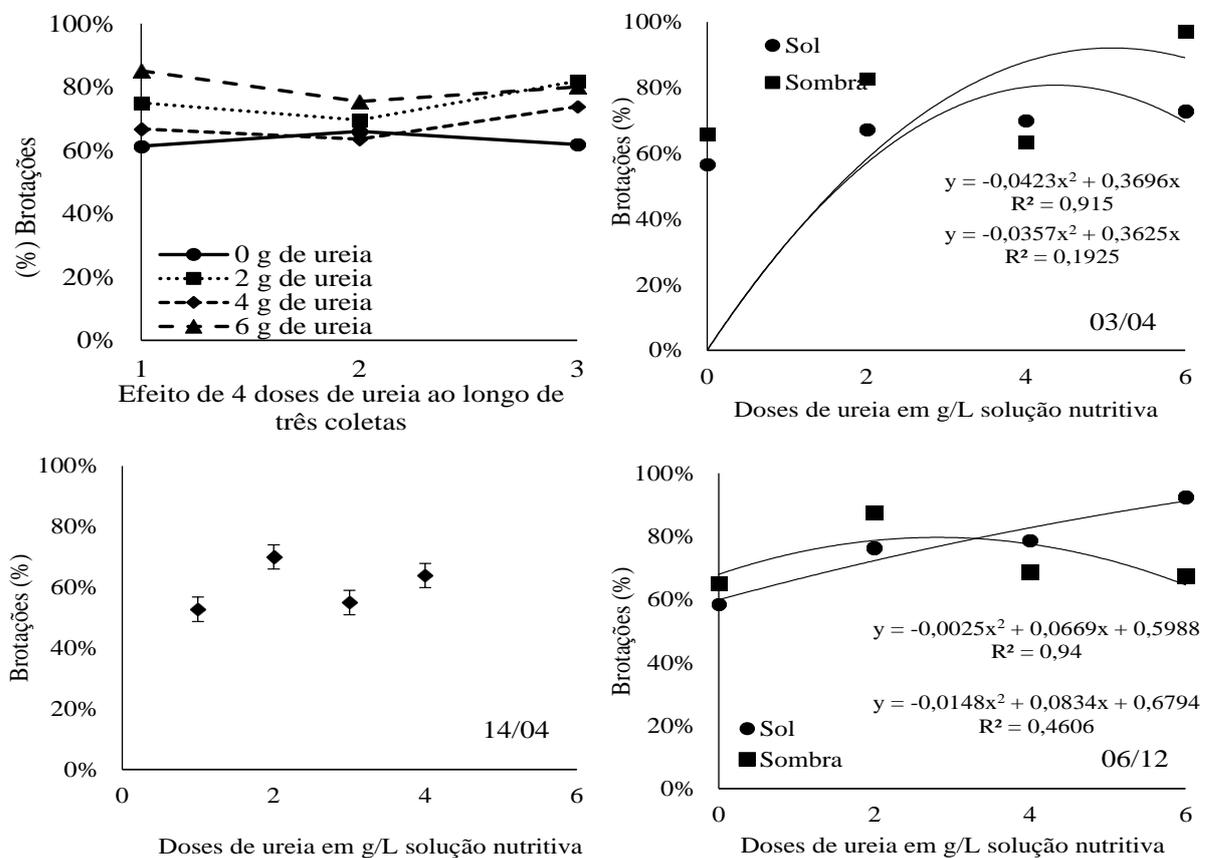
Figura 7 - Porcentagem de sobrevivência em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR.



Fonte: a autora.

Para as brotações Figura 8 houve efeito significativo para a primeira coleta (04/03) na dose 2,0 g/L de ureia, com média de 82% em 50% de intensidade luminosa superior a 67% em ambiente de luminosidade natural. Para a segunda coleta (14/04) não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados e o ambiente. Na terceira coleta houve efeito significativo do ambiente sobre a dose 6,0 g/L de ureia, com média de 92% em ambiente de intensidade luminosa natural e 67% em 50% de intensidade luminosa, também foi observada diferença significativa entre doses no ambiente de intensidade luminosa natural, na dose 6,0 com média de 92% superior a dose 0,0, com média 58%.

Figura 8 - Porcentagem de brotações em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR.

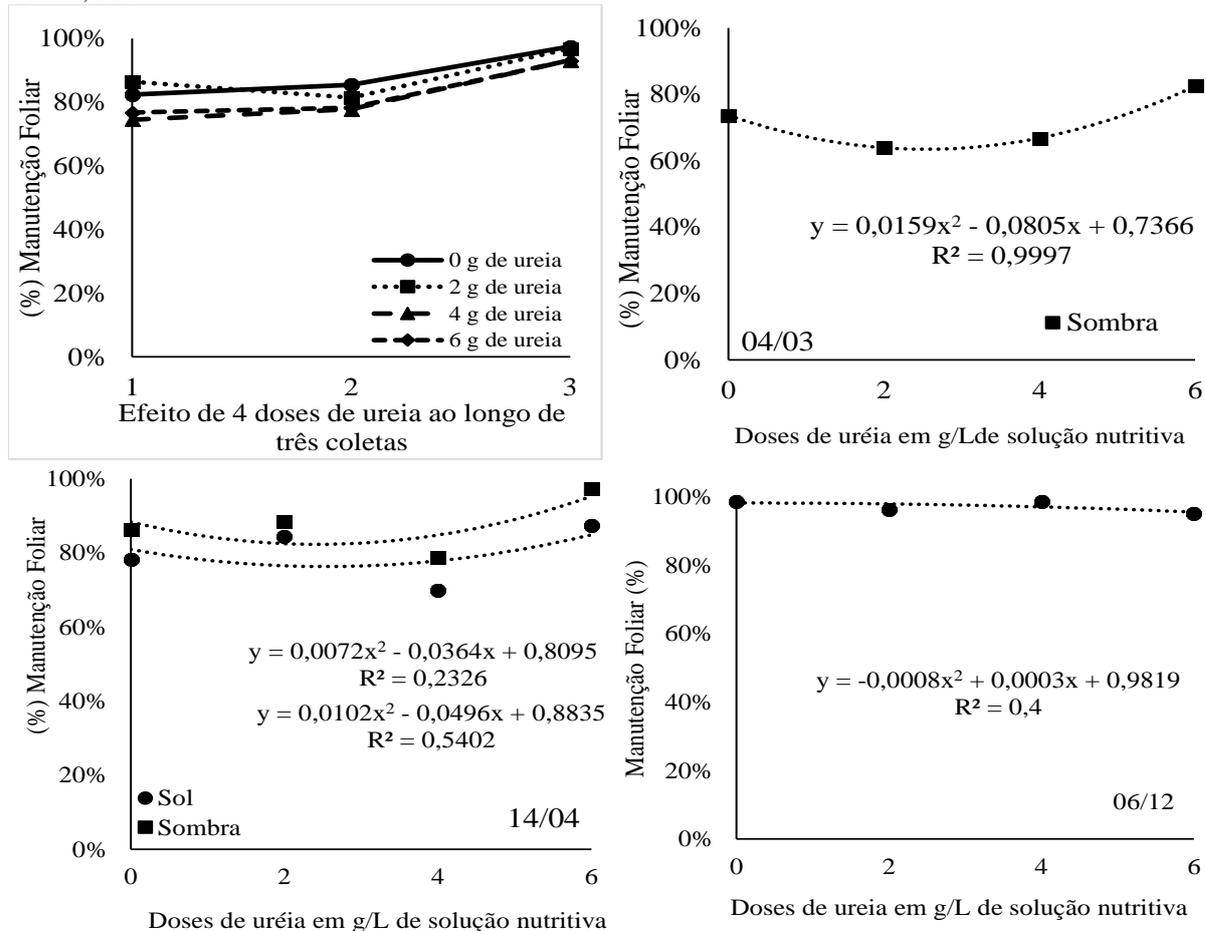


Fonte: a autora.

Na manutenção Figura 9 foliar durante a primeira dose não houve diferença significativa entre os ambientes, porém entre as doses aplicadas a diferença significativa foi observada para as doses 6,0 e 4,0 com médias (4,60% e 2,85%), respectivamente. O ambiente apresentou efeito significativo segunda coleta 14/04 sobre as doses 0,0; 0,2 e 0,4 com médias de 97%, 98% e 88% respectivamente, em ambiente de intensidade luminosa natural e foi

observada diferença significativa entre os tratamentos para o ambiente com 50% de intensidade luminosa nas doses 6,0 e 2,0 g/L de ureia como médias 82% e 64%, respectivamente. Na terceira coleta (06/12) a diferença significativa foi observada apenas para o ambiente, com médias 99% para ambiente com luminosidade natural e 95% para 50% de intensidade luminosa.

Figura 9 - Porcentagem de manutenção foliar em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR.



Fonte: a autora.

A manutenção de folhas auxilia tanto na produção de foto assimilados como auxilia nos processos transpiratórios. No presente estudo, tanto a manutenção foliar como a emissão de brotações parecem ter influenciado de forma positiva o enraizamento das miniestacas, possivelmente pela produção de produtos e subprodutos da fotossíntese, contudo a emissão de brotações pode ter sido favorecida pelo elevado conteúdo de citocina presente no material coletado (HARTMANN et al., 2011).

Também, retenção foliar pode atuar como fonte de esqueletos de carbono e auxinas que auxiliam na formação das raízes adventícias (KOYAMA et al., 2019). Além de contribuir

para o crescimento e arquitetura radicular, a redução da área foliar contribui com a redução da taxa transpiratória e evita o efeito guarda-chuva (SILVA et al., 2022), isso se deve ao fato de atuarem como tecidos fonte importantes para a remobilização de nitrogênio e carbono, enquanto as folhas em desenvolvimento e ápice caulinar competem com a base do caule por esses recursos (DRUGE, 2020). Contudo esta superfície transpiratória resulta em gasto energético, gerado pela perda de água por transpiração em altas temperaturas, havendo a necessidade da disponibilidade de um ambiente com elevada umidade (FISHER et al., 2013)

A ocorrência da alocação de água, nutrientes e fotoassimilados em miniestacas que são destinados a produção elevada de brotos (MANTOVANI et al., 2017). As brotações também são gemas foliares que auxiliam na produção de hormônios endógenos necessários ao enraizamento (NEUBERT et al., 2017). Contudo, a emissão de brotações antes do enraizamento pode esgotar as reservas de carbono (STUEPP et al., 2021). Contudo, a citocinina é produzida nas células radiculares e atua na emissão de brotação (GOMES, et al 2021; SU, et al 2011) ou seja para que ocorra a emissão de brotação é necessário a presença de sistema radicular.

Pela análise nutricional Tabela 3., não observou se efeito de interação para nenhuma das variáveis. Contudo, houve diferença significativa para o ambiente nas variáveis fósforo (P) e potássio (K), nas quais o ambiente de intensidade luminosa natural mostrou se superior.

Tabela 4 - Anova para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em miniestacas de mirtilheiro cv biloxi, provenientes de ambiente natural e com 50% de intensidade luminosa, Ponta Grossa – PR.

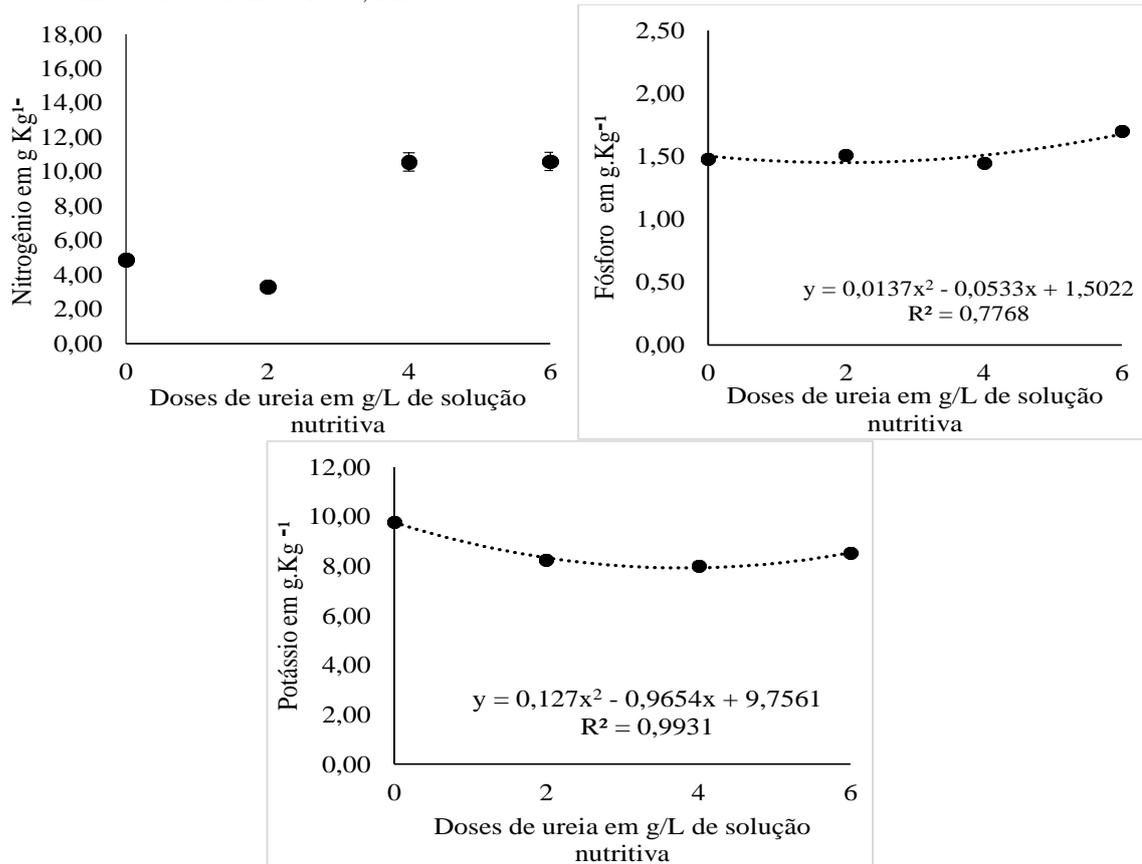
Nitrogênio (N)				
	GL	N	P	K
Ambiente	1	93.16 ^{NS}	48.864*	7892*
Dose	3	345.72 ^{NS}	12.828 ^{NS}	34740 ^{NS}
A X D	3	185.04 ^{NS}	13.391 ^{NS}	520 ^{NS}
Resíduos	24	1034.18	58.700	25930
Total	31	1658.11	133.783	42632
CV (%)		89.33	30.87	40.08

*Significativo ao nível de 5%; ^{ns} não-significativo ao nível de 5%.; A, ambiente; D, dose; GL, graus de liberdade; CV., Coeficiente de variação.

Verificou-se para fósforo (P) média superior para ambiente com intensidade luminosa natural, com média 6,30, superior a 3,83 em 50% de intensidade luminosa, Figura 10. Também para o potássio (K) o ambiente com intensidade luminosa natural com média 9,52 foi superior ao ambiente com 50% de intensidade luminosa 7,74. O nitrogênio, apesar de não apresentar diferença significativa para os tratamentos, apresentou teores de 9,05 em ambiente de intensidade luminosa natural e 5,64 em 50% de intensidade luminosa, superiores quando

comparado com fósforo (P), em contrapartida, o P teve os menores teores. Isso pode ser explicado pela exigência das plantas por cada um dos nutrientes separados e pela relação com a temperatura quando elevada apresentar maior absorção de água e conseqüente maior absorção de N aplicado no substrato.

Figura 10 - Porcentagem de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em miniestacas de mirtilheiro cv Biloxi durante os meses 03/04, 14/04 e 06/12, em função de doses diferentes doses de nitrogênio durante 3 coletas aplicadas em substrato. Ponta Grossa, PR.



Fonte: a autora.

O fornecimento adequado de NPK contribui para o acúmulo de nutrientes, aprimora a fotossíntese e promove o crescimento das plantas. As quantidades adequadas de N garantem maior produtividade (ROCHA et al., 2015), pois o N está ligado de forma direta ou indireta a todas as rotas metabólicas dos vegetais, por conta de sua influência na fotossíntese que promove o acúmulo de biomassa (DUARTE et al., 2020). Portanto, em condições de não sombreamento a demanda por açúcares e nitrogênio é elevada (FORMISANO et al., 2022), isso pode ser explicado pela elevada quantidade de N nas plantas cultivadas em incidência luz natural.

O P que atua nos processos fotossintéticos, metabolismo energético, respiração e manutenção das estruturas celulares, absorvido e acumulado nas células corticais da raiz e

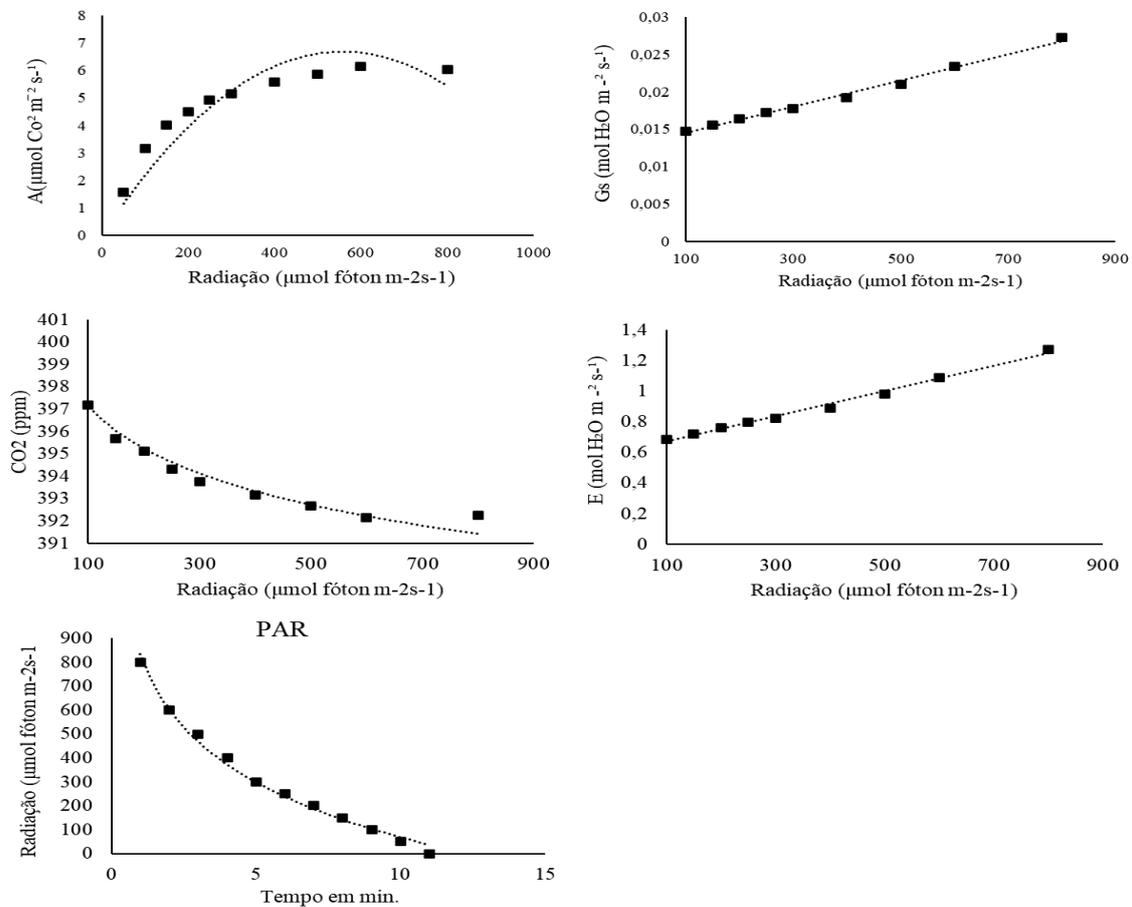
transferido via xilema para a parte aérea, sendo então redistribuído via floema principalmente regiões de crescimento (FANG et al., 2015). Também desempenha um papel importante em uma série de processos celulares, incluindo a manutenção de estruturas de membranas, síntese de biomoléculas, formação de moléculas de alta energia, constitui parte de compostos ricos em energia, como trifosfato de adenosina (ATP), trifosfato de citidina (CTP), trifosfato de guanosina (GTP), trifosfato de uridina (UTP), piruvato de fosfoenol e outros compostos intermediários fosforilados (MALHOTA et al., 2018). Assim, o fósforo desempenha funções ligadas a produção de energia e na estrutura da maior parte das moléculas é requerido em menor quantidade quando comparado ao nitrogênio.

O potássio é um nutriente vital para a fotossíntese, pois atua no potencial osmótico da planta pela regulação da abertura e fechamento estomático (OLIVEIRA et al., 2019). Atua no turgor das células, sendo essencial para a fixação de CO₂, processos de transpiração e eficiência do uso água (TRÄNKNER et al., 2018). Também, no presente trabalho é possível que em períodos de temperatura elevada tenha reduzido as perdas por transpiração durante o processo de enraizamento adventício. Diante do exposto o fornecimento adequado de nutrientes permite a sobrevivência e o desenvolvimento das estacas.

É possível observar para a cultivar de mirtilheiro biloxi que o ponto de saturação ocorreu a (PAR) 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ que corresponde a porção útil do espectro visível para a fotossíntese. Também, o ponto de saturação corresponde ao alto fluxo de fótons em que a taxa de crescimento se satura, porém, as plantas C₃ apresentam um ponto de saturação PAR mais baixo que plantas C₄ (KATSIKOIANNIS et al., 2022). Portanto, o baixo do ponto de saturação eficiência fotossintética pode ser favorecida (TOMBESI, 2015).

As plantas de mirtilo biloxi expostas a luminosidade natural tendem a realizar foto inibição, ao passo que no ambiente de incidência luminosa reduzida as plantas apresentaram melhor desempenho fotossintético. Salienta se que, as plantas quando expostas a luminosidade natural tendem a aumentar concentração interna de CO₂ e a partir do ponto de saturação ocorre a fotoinibição e acarretando redução da capacidade fotossintética (BLIND et al., 2018). Contudo, quando a incidência luminosa não é excessiva e não há a ocorrência de nenhum outro tipo de estresse, a dissipação térmica deixa de ocorrer (DEMMIE-ADANS, 2018).

Figura 11 - (A) Fotossíntese líquida em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; (Gs) Condutância estomática $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; (E) Transpiração foliar em $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em função da radiação PAR (porção útil da fotossíntese) em $\mu\text{mol fóton } 2\text{s}^{-1}$.



Fonte: a autora.

Além da fotoinibição, a temperatura é outro fator que pode ter reduzido o desempenho fotossintético antes e após a coleta das miniestacas. Em decorrência da fotossíntese ser controlada pela abertura estomática, a qual é dependente das condições ambientais, em condições de estresse hídrico oriundos da elevada irradiância e temperatura culminam com o fechamento estomático (KATSIKOIANNIS et al., 2022). Do mesmo modo, em condições de temperatura elevada o potencial hídrico é mais elevado nas folhas e o fechamento estomático é uma forma de reduzir a perda de água por transpiração (DEMMIE-ADANS, 2018). Portanto, o controle estomático e a perda de água por transpiração é mais negativo para plantas jovens, por apresentarem maior assimilação fotossintética (GONZÁLES et al., 2017).

Do mesmo modo as condições de estresse hídrico são consideradas uma das principais causas de fechamento estomático, em decorrência da redução das trocas gasosas e concentração interna de CO_2 (ESTRADA et al., 2015). Desta forma, com o aumento da incidência luminosa para miniestacas de mirtilheiro biloxi a taxa fotossintética estabilizou a $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, a partir

deste ponto houve aumento na taxa de transpiração e de condutância estomática, que resultou em menor fixação de CO₂, isso pode ser associado a redução do enraizamento das miniestacas oriundas do ambiente em pleno sol, pois houve estresse hídrico associado fotoinibição, seguido de elevada taxa de transpiração em casa de vegetação decorrente do aumento da temperatura. Em contrapartida, as plantas alocadas em ambiente com 50% de intensidade luminosa tendem a ter menor estresse hídrico, pois o ponto de saturação tende a ser menor o que não acarreta fotoinibição, por conta disso o material sofre um estresse menor quando comparado com o ambiente com luminosidade natural, o que levou as miniestacas a aproveitar melhor as reservas e realizar a fotossíntese para suprir as exigências ao enraizamento.

7 CONCLUSÕES

O ambiente com 50% de intensidade luminosa foi superior para o enraizamento adventício, com melhores resultados para as doses 2,0 e 6,0 g/L.

Foi possível observar que o ambiente com 50% de intensidade luminosa natural favoreceu o número (5,94 raízes por miniestaca).

O comprimento médio das três maiores de raízes foi superior em ambiente com intensidade luminosa natural.

A produtividade apresentou resultados superiores para o ambiente com intensidade luminosa natural na dose 4,0 g/L.

O manejo adotado no minijardim clonal apresentou formação de calo inferior a 50%, isso indica que o enraizamento adventício ocorre de forma direta.

A manutenção foliar e a emissão de brotações contribuíram para o fornecimento de fotoassimilados e substâncias exógenas importantes para o processo de enraizamento.

O ambiente com intensidade luminosa natural apresentou maior acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

O ponto de saturação a $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para *V. cv biloxi*, ou seja, ponto de maior eficiência fotossintética.

REFERÊNCIAS

- AN, H. et al. Transcriptomic profiling and discovery of key genes involved in adventitious root formation from green cuttings of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). **BMC Plant Biology**, v. 20, n. 1, p. 1–14, 2020.
- ANDREWS, M.; RAVEN, J. A.; LEA, P. J. Do plants need nitrate? the mechanisms by which nitrogen form affects plants. **Annals of Applied Biology**, v. 163, n. 2, p. 174–199, 2013.
- ARAÚJO, E. F. et al. Mini-cutting technique for vegetative propagation of paratecoma peroba. **Cerne**, v. 25, n. 3, p. 314–325, 2019.
- BANNOUD, F.; BELLINI, C. Adventitious Rooting in Populus Species: Update and Perspectives. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2021.
- BAUTISTA, J. M. et al. Colonization by mycorrhizae in the production of cranberry seedlings in nursery (*Vaccinium* spp.) cv Biloxi. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v. 8, n. 3, p. 695–703, 2014.
- BERNAL-GALLARDO, J. O. et al. Phenolic compound content and the antioxidant and antimicrobial activity of wild blueberries (*Vaccinium stenophyllum* steud.) fruits extracts during ripening. **Horticulturae**, v. 8, n. 1, 2022.
- BLIND, M. R. et al. Photosynthetic responses of species of Aniba exposed to contrasting light environments. **Rodriguesia**, v. 69, n. 2, p. 397–407, 2018.
- BOLAÑOS-ALCÁNTARA, M. N. et al. Nitrate/ammonium ratio and electrical conductivity in blueberry quality. **Acta Horticulturae**, v. 1265, p. 233–239, 2019.
- BRAHA, S.; RAMA, P. The Effects of Indol Butyric Acid and Naphthalene Acetic Acid of Adventitious Root formation to Green Cuttings in Blueberry cv. (*Vaccinium corymbosum* L.). **International Journal of Science and Research (IJSR)**, v. 5, n. 7, p. 876–879, 2016.
- BREVIS, P. A. et al. Impact of wide hybridization on highbush blueberry breeding. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 133, n. 3, p. 427–437, 2008.
- BRONDINO, L. et al. Mechanized blueberry harvesting: Preliminary results in the Italian context. **Agriculture (Switzerland)**, v. 11, n. 12, 2021.
- CAMPA, A.; FERREIRA, J. J. Genetic diversity assessed by genotyping by sequencing (GBS) and for phenological traits in blueberry cultivars. **PLoS ONE**, v. 13, n. 10, p. 10–16, 2018.
- CAVUSOGLU, A.; AYGUN, D. C. A. Responses of different substrates and varieties on growth of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cuttings. **Journal of Medicinal Plants**, v. 8, n. 6, p. 99–103, 2020.

CEZAROTTO, V. S. et al. Influence of harvest season and cultivar on the variation of phenolic compounds composition and antioxidant properties in *Vaccinium ashei* leaves. **Molecules**, v. 22, n. 10, p. 1–11, 2017.

CHO, K. H. et al. Blueberry cultivar identification using random amplified polymorphic DNA and sequence-characterized amplified region markers. **HortScience**, v. 52, n. 11, p. 1483–1489, 2017.

CORTÉS-ROJAS, M. E. et al. Rendimiento y calidad de frutos de los cultivares de arándano Biloxi y Sharpblue en Guasca, Colombia. **Agronomía Colombiana**, v. 34, n. 1, p. 33–41, 2016.

CUI, F. et al. Chromosome-level genome assembly of the diploid blueberry *Vaccinium darrowii* provides insights into its subtropical adaptation and cuticle synthesis. **Plant Communications**, 2022.

DIAS, P. C. et al. Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Arvore**, v. 36, n. 3, p. 389–399, 2012.

DA COSTA, C. T. et al. When stress and development go hand in hand: Main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. MAY, p. 1–19, 2013.

DE ALMEIDA, M. R. et al. Environmental control of adventitious rooting in *Eucalyptus* and *Populus* cuttings. **Trees - Structure and Function**, v. 31, n. 5, p. 1377–1390, 2017.

DE SOUSA, P. R. F. et al. Influence of artificial shading on seedling production of *Tachigali myrmecophila* (Ducke) Ducke. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 10, p. 1572–1577, 2019.

DEMMIG-ADAMS, B. et al. Optimization of photosynthetic productivity in contrasting environments by regulons controlling plant form and function. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 3, 2018.

DÍAZ-SALA, C. Direct reprogramming of adult somatic cells toward adventitious root formation in forest tree species: The effect of the juvenile-adult transition. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, n. JUL, p. 1–8, 2014.

DRUGE, U. Overcoming Physiological Bottlenecks of Leaf Vitality and Root Development in Cuttings: A Systemic Perspective. **Frontiers**, n. 907 v. 11, p. 1-10, 2020.

ESTRADA, F. et al. Fluorescence phenotyping in blueberry breeding for genotype selection under drought conditions, with or without heat stress. **Scientia Horticulturae**, v. 181, p. 147–161, 2015.

DUARTE, M. M. et al. Adubação nitrogenada na miniestaquia de erva-mate. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 2, p. 981–988, 2020.

FANG, Y. et al. A review for southern highbush blueberry alternative production systems. **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 1–15, 2020.

FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. et al. Symptoms of nutrient deficiencies in young olive trees and leaf nutrient concentration at which such symptoms appear. **Scientia Horticulturae**, v. 209, p. 279–285, 2016.

FERREIRA, L.; SOUZA, A.; SILVA, I. Australian Journal of Basic and Applied Sciences Effect of Shading and Subsequent Sampling days on Eucalyptus Mini-Stump Sprouting and Mini-cutting Rooting. v. 8, n. December, p. 521–527, 2014.

FILHO, J. B. et al. Mini-cutting technique for *Khaya anthotheca*: selection of suitable IBA concentration and nutrient solution for its vegetative propagation. **Journal of Forestry Research**, v. 29, n. 1, p. 73–84, 2018.

FISCHER, D. O. et al. Rooting of blueberry minicuttings. **Revista de la Facultad de Agronomía**. v. 112, n. 1, p. 1–5, 2013.

FAUERHARMEL, M. et al. Production of jacaranda plantlets by minicutting. **Semina: Ciencias Agrarias**, v. 41, n. 5, p. 1951–1962, 2020.

FORMISANO, L. et al. Between Light and Shading: Morphological, Biochemical, and Metabolomics Insights Into the Influence of Blue Photoselective Shading on Vegetable Seedlings. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, n. May, p. 1–16, 2022.

GOMES, F. R. et al. Cytokinins induce the development of *Campomanesia pubescens* root cuttings. **Comunicata Scientiae**, v. 12, n. March, p. 1–7, 2021.

GONIN, M. et al. What makes adventitious roots? **Plants**, v. 8, n. 7, p. 1–24, 2019.

GONZÁLEZ, J. A. et al. Caracterización fotosintética en plantas jóvenes y adultas de *Alnus acuminata* (“aliso del cerro”) en las Yungas (Tucumán, Argentina). **Lilloa** v. 54, n. 1, p. 41–57, 2017.

GONZÁLEZ-CRUZ, E. M. et al. Evaluation of biopolymers in the encapsulation by electrospaying of polyphenolic compounds extracted from blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) variety *Biloxi*. **Polymer Bulletin**, v. 78, n. 7, p. 3561–3576, 2021.

GUAN, L. et al. Critical Reviews in Plant Sciences Physiological and Molecular Regulation of Adventitious Root Formation Root Formation. **Plant Sciences**. v.34, n.5, p. 506-521, 2015

HAYDAR, M. S.; GHOSH, S.; MANDAL, P. Application of Iron Oxide Nanoparticles as Micronutrient Fertilizer in Mulberry Propagation. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 41, n. 4, p. 1726–1746, 2022.

HAO, L. et al. Responses of photosynthesis to high temperature stress associated with changes in leaf structure and biochemistry of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 246, n. August 2018, p. 251–264, 2019.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES, F.T.J.; GENEVE, R.L. Plant propagation: principles and practices. 8th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2011. 915p.

HIGUCHI, M. T. et al. Methods of application of indolebutyric acid and basal lesion on 'woodard' blueberry cuttings in different seasons. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, n. 5, p. 1–9, 2021.

HILO, A. et al. A specific role of iron in promoting meristematic cell division during adventitious root formation. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 15, p. 4233–4247, 2017.

KANMEGNE, G. et al. Interaction of stockplants shading and exogenous auxin on the propagation of *Cola anomala* K. Schum (Malvaceae) by cuttings. **South African Journal of Botany**, v. 112, p. 246–252, 2017.

KATSIKOIANNIS, O. A.; ZIAR, H.; ISABELLA, O. Integration of bifacial photovoltaics in agrivoltaic systems: A synergistic design approach. **Applied Energy**, v. 309, n. November 2021, p. 118475, 2022.

KIM, S. J. et al. Growth and photosynthetic characteristics of blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) under various shade levels. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 3, p. 486–492, 2011.

KOYAMA, R. K. et al. Multiplication of blueberry mini-cuttings in different growth media. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 4, n. 1, p. 28, 2018.

KTENIOUDAKI, A. et al. Blueberry supply chain: Critical steps impacting fruit quality and application of a boosted regression tree model to predict weight loss. **Postharvest Biology and Technology**, v. 179, n. February, p. 111590, 2021.

KULKARNI, K. P. et al. Admixture analysis using genotyping-by-sequencing reveals genetic relatedness and parental lineage distribution in highbush blueberry genotypes and cross derivatives. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 1, p. 1–16, 2021.

KUTSCHERA, U.; NIKLAS, K. J. Boron and the evolutionary development of roots. **Plant Signaling and Behavior**, v. 12, n. 7, p. 1–4, 2017.

LA ROSA, R.; SÁNCHEZ, M.; PÉREZ, E. Morfología interna e histología de arándano *Vaccinium corymbosum* L. (Ericaceae) en Lima, Perú. **Agronomía Colombiana**, v. 35, n. 2, p. 176–181, 2017.

LEWIS, D. H. Boron: the essential element for vascular plants that never was. **New Phytologist**, v. 221, n. 4, p. 1685–1690, 2019.

LI, Q. et al. Boron deficiency alters root growth and development and interacts with auxin metabolism by influencing the expression of auxin synthesis and transport genes. **Biotechnology and Biotechnological Equipment**, v. 30, n. 4, p. 661–668, 2016.

LI, Q. et al. Micropropagation of the potential blueberry rootstock—*Vaccinium arboreum* through axillary shoot proliferation. **Scientia Horticulturae**, v. 280, n. 109908, p. 1–12, 2021.

- LIU, Q. et al. Responses of leaf morphology, NSCs contents and C:N:P stoichiometry of *Cunninghamia lanceolata* and *Schima superba* to shading. **BMC Plant Biology**, v. 20, n. 1, p. 1–10, 2020.
- LOBOS, G. A.; HANCOCK, J. F. Breeding blueberries for a changing global environment: A review. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. SEPTEMBER, p. 1–14, 2015.
- LYRENE, P. M. Phenotype and fertility of intersectional hybrids between tetraploid highbush blueberry and colchicine-treated *Vaccinium stamineum*. **HortScience**, v. 51, n. 1, p. 15–22, 2016.
- MAGGIONI, R. DE A. et al. Giberelina, sombreamento e altura de poda na produção de brotações epicórmicas em *Araucaria angustifolia* (Bertol.). **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, v. 18, n. 42, p. 30–36, 2020.
- MALHOTRA. et al. Plant nutrients and abiotic stress tolerance. **Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance**, p. 1–590, 2018.
- MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2007.
- MENEGHETTI, M. A. Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Química de Plantas, Solo e Fertilizantes. EDUTFPR, v. 22, p. 252, 2018.
- MIAO, X. R. et al. The complete chloroplast genome of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*). **Mitochondrial DNA Part B: Resources**, v. 7, n. 1, p. 87–88, 2022.
- MIHALJEVIĆ, S.; SALOPEK-SONDI, B. Alanine conjugate of indole-3-butyric acid improves rooting of highbush blueberries. **Plant, Soil and Environment**, v. 58, n. 5, p. 236–241, 2012.
- NAGASAKA, K. et al. Genome-Wide Identification of Loci Associated With Phenology-Related Traits and Their Adaptive Variations in a Highbush Blueberry Collection. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, n. January, p. 1–18, 2022.
- NAVROSKI, M. C. et al. Influence of shadowing in *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. mini-stumps and mini-cuttings. **Revista Ceres**, v. 69, n. 4, p. 443–448, 2022.
- NEUBERT, V. D. F. et al. Erratum: Production of mini-cuttings and the influence of leaf reduction on rooting of vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.), (Revista Árvore, (2015) 41, 4). **Revista Arvore**, v. 41, n. 4, 2017.
- OLIVEIRA, T. P. DE F. DE et al. Exigência nutricional e produtividade em minijardim clonal de *Toona ciliata* var. *australis*. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1154–1167, 2019.
- PACHOLCZAK, A.; SZYDŁO, W.; ŁUKASZEWSKA, A. The effect of etiolation and shading of stock plants on rhizogenesis in stem cuttings of *Cotinus coggygria*. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 27, n. 4, p. 417–428, 2005.

- PEÑA, M. L. P. et al. Concentrações e formas de aplicação do ácido indolbutírico na propagação por estaquia dos mirtilheiros cvs. Flórida e Clímax. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 57–64, 2012.
- PEREIRA, M. DE O. et al. Rooting of mini-cuttings of *Sequoia sempervirens* using different clones and cultural environments. **Bosque**, v. 40, n. 3, p. 335–346, 2019. TUCUMÁN, Y. et al. V54N1a05. v. 54, n. 1, p. 41–57, 2017.
- PESCIE, M. A. et al. Absorption, distribution and accumulation of nitrogen applied at different phenological stages in southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* interspecific hybrid). **Scientia Horticulturae**, v. 230, n. October 2017, p. 11–17, 2018.
- PIMENTEL, N. et al. How do clonal plantlets of mate respond to different substrate compositions and shading levels? **Bioscience Journal**, v. 36, n. 6, p. 2020–2031, 2020.
- PODWYSZYNSKA, M. et al. Chromosome doubling in genetically diverse bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) accessions and evaluation of tetraploids in terms of phenotype and ability to cross with highbush blueberry (*V. corymbosum* L.). **Agronomy**, v. 11, n. 12, 2021.
- POSTER, L. S.; HANDEL, S. N.; SMOUSE, P. E. Corolla size and temporal displacement of flowering times among sympatric diploid and tetraploid highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*). **Botany**, v. 95, n. 4, p. 395–404, 2017.
- QIU, D. et al. Regeneration of blueberry cultivars through indirect shoot organogenesis. **HortScience**, v. 53, n. 7, p. 1045–1049, 2018.
- QIU, D. et al. Regeneration of blueberry cultivars through indirect shoot organogenesis. **HortScience**, v. 53, n. 7, p. 1045–1049, 2018.
- RAJAN, M.; CHANDRAN, V.; MATHEW, L. Influence of methyl jasmonate and salicylic acid on Rhamnetin production in adventitious root cultures of *Baccharoides anthelmintica* (L.) Moench. **Natural Product Research**, v. 36, n. 16, p. 4182–4186, 2022.
- RAM, R. C.; JIM, M.; PIEDRA, P. P. butyric acid for cloning by cuttings Hybrids of *Pinus elliottii* var. *elliottii* × *Pinus caribaea* var. *hondurensis* developed. v. 13, n. 69, 2022.
- REDPATH, L. E. et al. Genotype, environment, year, and harvest effects on fruit quality traits of five blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivars. **Agronomy**, v. 11, n. 9, 2021.
- REZAEI, F.; GHANATI, F.; BEHMANESH, M. Antioxidant activity and expression of catalase gene of (*Eustoma grandiflorum* L.) in response to boron and aluminum. **South African Journal of Botany**, v. 84, p. 13–18, 2013.
- ROCHA, J. H. T. et al. Produtividade do Mini-jardim e Qualidade de Miniestacas de um Clone Híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-224) em Função de Doses de Nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 273–279, 2015.

- ROCHA, J. S. et al. Nitrogen supplementation improves the high-light acclimation of *Guazuma ulmifolia* Lam. seedlings. **Trees - Structure and Function**, v. 33, n. 2, p. 421–431, 2019.
- SADEGHZADEH, B. A review of zinc nutrition and plant breeding. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 13, n. 4, p. 907–927, 2013.
- SAKHANOKHO, H. F. et al. Variation in nuclear DNA content and chromosome numbers in blueberry. **Scientia Horticulturae**, v. 233, n. January, p. 108–113, 2018.
- SANTANA, R. C. et al. Effect of Minicutting Length and Leaf Area Reduction on Growth and Nutritional Status of Eucalypt Propagules. **ISRN Forestry**, v. 2013, p. 1–6, 2013.
- SÁNCHEZ, M.; PÉREZ, E. Morfología interna e histología de arándano *Vaccinium corymbosum* L. (Ericaceae) en Lima, Perú. **Agronomia Colombiana**, v. 35, n. 2, p. 176–181, 2017.
- SHAHAB, M. Clonal propagation of blueberries mini cutting sunder subtropical conditions. **International Journal of Biosciences (IJB)**, v. 13, n. 03, p. 1–9, 2018.
- SCHUCH, M. W.; PINTO TOMAZ, Z. F. Advances in the spread of vegetative blueberry. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 1, p. 1–8, 2019.
- SCHUCHOVSKI, C. et al. Morphological and anatomical insights into de novo shoot organogenesis of in vitro ‘Delite’ rabbiteye blueberries. **Heliyon**, v. 6, n. 11, p. e05468, 2020.
- SILVA, A. K. V. et al. Vegetative propagation of mimosa *Caesalpinia* by mini-cuttings technique. **Revista Arvore**, v. 46, p. 1–13, 2022.
- SPIERS, J. M. et al. “Biloxi” Southern Highbush Blueberry. **Acta Horticulturae**, n. 574, p. 153–155, 2002.
- STUEPP, C. A. et al. Ex vitro system for *Acer palmatum* plants propagation by mini-cuttings technique. **Cerne**, v. 22, n. 3, p. 355–364, 2017.
- STUEPP, C. A. et al. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 9, p. 985–1002, 2018.
- STUEPP, A. C. et al, Pruning management of mini-stumps for mass propagation of blueberry. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.56, e02486, 2021.
- SU, Y. H.; LIU, Y. B.; ZHANG, X. S. Auxin-cytokinin interaction regulates meristem development. **Molecular Plant**, v. 4, n. 4, p. 616–625, 2011.
- TAHIR, M. M. et al. Insights into Factors Controlling Adventitious Root Formation in Apples. **Horticulturae**. v. 8, n. 276 p. 1–19, 2022.

- TCHOKPONHOUE, D. A. et al. Shade and nutrient-mediated phenotypic plasticity in the miracle plant *Synsepalum dulcificum* (Schumach. & Thonn.) Daniell. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–11, 2019.
- TENUTA, M. C. et al. LC-ESI-QTOF-MS profiling, protective effects on oxidative damage, and inhibitory activity of enzymes linked to type 2 diabetes and nitric oxide production of *Vaccinium corymbosum* L. (Ericaceae) extracts. **Journal of Berry Research**, v. 10, n. 4, p. 603–622, 2020.
- TOBAR-BOLAÑOS, G. et al. Blueberry juice: Bioactive compounds, health impact, and concentration technologies—A review. **Journal of Food Science**, v. 86, n. 12, p. 5062–5077, 2021.
- TOMBESI, S. et al. Influence of light and shoot development stage on leaf photosynthesis and carbohydrate status during the adventitious root formation in cuttings of *Corylus avellana* L. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. NOVEMBER, p. 1–13, 2015.
- TOTAD, M. G. et al. Genotypic variability in nutritional and functional attributes of blueberry varieties grown in northern-western Himalayas. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 6, p. 2251–2258, 2020.
- TRÄNKNER, M.; TAVAKOL, E.; JÁKLI, B. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. **Physiologia Plantarum**, v. 163, n. 3, p. 414–431, 2018.
- TRUEMAN, S. J.; MCMAHON, T. V.; BRISTOW, M. Nutrient partitioning among the roots, hedge and cuttings of corymbia citriodora stock plants. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 13, n. 4, p. 977–989, 2013.
- TRIPATHI, D. K. et al. Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 7, p. 1–14, 2015.
- VIEIRA, L. M. et al. Vegetative propagation, chemical composition and antioxidant activity of yerba mate genotypes. **Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation**, v. 19, n. May, p. 112–121, 2021.
- VILASBOA, J.; DA COSTA, C. T.; FETT-NETO, A. G. Rooting of eucalypt cuttings as a problem-solving oriented model in plant biology. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 146, p. 85–97, 2019.
- VOLIS, S. Conservation-oriented restoration – a two for one method to restore both threatened species and their habitats. **Plant Diversity**, v. 41, n. 2, p. 50–58, 2019.
- XU, G. et al. “Senmao 7” northern highbush blueberry. **HortScience**, v. 56, n. 2, p. 291–292, 2021
- ZHANG, Z.; SUN, Y.; LI, Y. Plant rejuvenation: from phenotypes to mechanisms. **Plant Cell Reports**, n. 0123456789, 2020.

- ZARGAR, A. R.; KUMAR, D. Effect of Maturity Stage of Donor Plant on Propagation of Diploknema Effect of Maturity Stage of Donor Plant on Propagation of Diploknema butyracea through Branch Cuttings. **World Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 1, p. 15–19, 2018.
- ZHENG, Y. et al. The optimal temperature for the growth of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v. 49, n. 3, p. 965–979, 2017.
- YANG, X. et al. C: N: P stoichiometry of Artemisia species and close relatives across northern China: Unravelling effects of climate, soil and taxonomy. **Journal of Ecology**, v. 103, n. 4, p. 1020–1031, 2015.
- YUAN, B. Z.; SUN, J. Bibliometric analysis of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) research publications based on Web of Science. **Food Science and Technology (Brazil)**, v. 42, 2022.
- WANG, H. et al. Two high hierarchical regulators, PuMYB40 and PuWRKY75, control the low phosphorus driven adventitious root formation in *Populus ussuriensis*. **Plant Biotechnology Journal**, p. 1–17, 2022.
- WENDLING, I.; TRUEMAN, S. J.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry-Part I: Concepts, regulation and consequences of phase change. **New Forests**, v. 45, n. 4, p. 449–471, 2014.
- WENDLING, I.; TRUEMAN, S. J.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry-part II: Reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v. 45, n. 4, p. 473–486, 2014.
- WU, J. et al. Biomass and nutrients variation of Chinese fir rooted cuttings under conventional and exponential fertilization regimes of nitrogen. **Forests**, v. 10, n. 8, p. 1–12, 2019.
- WU, Y, et al., Comparative Analysis of the Morphological, Physiological, Proteomic, and Metabolic Mechanisms of the “Biloxi” Blueberry Response to Shade Stress. n. 12, v. 79, p. 2-15, 2022.