

Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes, boro e ferro e composição mineral de amoreira-preta¹

Filipe Bittencourt Machado de Souza², Rafael Pio²,
Viviane Amaral Toledo Coelho³, Cleber Lázaro Rodas³, Inêz Pereira da Silva³

ABSTRACT

Visual symptoms of micronutrients, boron and iron deficiency and mineral composition of blackberry tree

The areas planted with blackberry trees have expanded in Brazilian subtropical regions, but is still necessary to improve the crop management, especially regarding its nutritional needs, as well as establishing parameters of visual diagnosis of deficiency, what would allow to achieve higher yields. This study aimed to evaluate the visual deficiency and mineral composition of blackberry tree under omission effect of nutrients. The experimental design was completely randomized blocks, with nine treatments and three replications, corresponding to the cultivation in a complete Hoagland & Arnon's nutritive solution and in a solution with individual omission of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe and B. The dry matter and chemical composition of shoot and root were evaluated, as well as the visual diagnosis. The nutrient deficiencies in seedlings of blackberry trees were pointed out by typical symptoms, while in the treatment with no nutrients restriction the nutritional contents found respectively in the leaves and roots were N = 11.4 g kg⁻¹ and 16.1 g kg⁻¹; P = 1.3 g kg⁻¹ and 4.2 g kg⁻¹; K = 9.8 g kg⁻¹ and 13.2 g kg⁻¹; Ca = 5.7 g kg⁻¹ and 9.8 g kg⁻¹; Mg = 2.3 g kg⁻¹ and 2.6 g kg⁻¹; S = 1.4 g kg⁻¹ and 2.7 g kg⁻¹; B = 37.8 mg kg⁻¹ and 18.9 mg kg⁻¹; Fe = 119.9 mg kg⁻¹ and 1,603.9 mg kg⁻¹. Individual omissions of N, Ca and B were the most limiting ones for the vegetative growth of this species.

KEY-WORDS: *Rubus* spp.; nutrients omission; visual diagnosis.

RESUMO

As áreas produtivas com amoreira-preta vêm se ampliando nas regiões subtropicais brasileiras, mas ainda há necessidade de se aprimorar o manejo cultural, principalmente no tocante às suas necessidades nutricionais, bem como estabelecer parâmetros de diagnose visual de deficiência, o que possibilitaria alcançar maiores produtividades. Objetivou-se avaliar a deficiência visual e a composição mineral de amoreira-preta sob o efeito da omissão de nutrientes. O experimento foi desenvolvido em delineamento em blocos inteiramente casualizados, com nove tratamentos e três repetições, que corresponderam ao cultivo em solução nutritiva de Hoagland & Arnon completa e solução com omissão individual de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe e B. Avaliou-se a produção de matéria seca e composição química da parte aérea e sistema radicular, bem como a diagnose visual. As deficiências dos nutrientes nas mudas de amoreira-preta se traduziram por sintomas típicos, enquanto, no tratamento sem restrição de nutrientes, os teores nutricionais obtidos respectivamente nas folhas e raízes foram N = 11,4 g kg⁻¹ e 16,1 g kg⁻¹; P = 1,3 g kg⁻¹ e 4,2 g kg⁻¹; K = 9,8 g kg⁻¹ e 13,2 g kg⁻¹; Ca = 5,7 g kg⁻¹ e 9,8 g kg⁻¹; Mg = 2,3 g kg⁻¹ e 2,6 g kg⁻¹; S = 1,4 g kg⁻¹ e 2,7 g kg⁻¹; B = 37,8 mg kg⁻¹ e 18,9 mg kg⁻¹; Fe = 119,9 mg kg⁻¹ e 1.603,9 mg kg⁻¹. As omissões individuais de N, Ca e B foram as mais limitantes para o crescimento vegetativo dessa espécie.

PALAVRAS-CHAVE: *Rubus* spp.; omissão de nutrientes; diagnose visual.

INTRODUÇÃO

A amoreira-preta (*Rubus* spp.) é uma frutífera cultivada em regiões temperadas, que possui hábito caducifólio e necessidade de baixas temperaturas para a superação da endodormência de suas gemas (Campagnolo & Pio 2012a, Guedes et al. 2014). No entanto, há cultivares que se adaptam ao cultivo em

regiões subtropicais, as quais possuem inverno ameno e temperaturas elevadas no verão (Souza et al. 2014).

O cultivo de amoreira-preta está em plena expansão nos Estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais, onde são produzidas cerca de 20 toneladas de amoras-pretas por hectare (Campagnolo & Pio 2012b, Tadeu et al. 2015). Entretanto, para que haja incrementos na produção, de modo a atender

1. Trabalho recebido em fev./2015 e aceito para publicação em jun./2015 (<http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4533906>).

2. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Agricultura, Lavras, MG, Brasil.

E-mails: fbmsouza@yahoo.com.br, rafaelpio@dag.ufla.br.

3. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Ciências do Solo, Lavras, MG, Brasil.

E-mails: vivianeatc@yahoo.com.br, cleberrodas@yahoo.com.br, inezps@yahoo.com.br.

à demanda crescente dessa fruta no Brasil e, principalmente, no Sudeste, ainda são necessárias mais pesquisas sobre a nutrição mineral dessa espécie (Castaño et al. 2008, Strik & Finn 2012).

Por meio da diagnose visual, é possível caracterizar sintomas de deficiência que, geralmente, são mais visíveis nas folhas. Para se caracterizar essas deficiências com mais segurança e sem a interação com outros fatores, o cultivo em solução nutritiva é uma opção viável, permitindo associar os sintomas visíveis com a composição mineral do tecido vegetal (Barroso et al. 2005).

Acredita-se que o aprimoramento do manejo cultural, principalmente com respeito a estudos voltados às necessidades nutricionais da amoreira-preta cultivada em regiões subtropicais, possa permitir avanços na produtividade dessa frutífera. Nesse sentido, parâmetros como a diagnose foliar e visual são utilizados para avaliar o estado nutricional da planta, pois permitem caracterizar sintomas de deficiência ou toxicidade de algum nutriente. Para Faquin (2002), a diagnose visual consiste em se comparar visualmente o aspecto (coloração, tamanho, forma) da amostra (planta, ramos, folhas) com o padrão, enquanto a diagnose foliar analisa os teores de nutrientes em determinadas folhas, em períodos definidos da vida da planta, e os compara com padrões nutricionais da literatura.

Este estudo objetivou avaliar o desenvolvimento vegetativo, bem como caracterizar sintomas de deficiência nutricional e foliar de amoreiras-pretas cultivadas em solução nutritiva, por meio da diagnose de subtração.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação, em Lavras (MG) (21°14'S, 45°00'W e 918 m de altitude média), entre outubro de 2013 e maio de 2014. O clima da região é do tipo Cwb, mesotérmico ou tropical de altitude, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação de Köppen.

Utilizaram-se plantas de amoreira-preta da cultivar Brazos, propagadas por estaquia (Campagnolo & Pio 2012c) e padronizadas quanto à altura e diâmetro. As estacas foram transferidas para uma bandeja plástica com capacidade de 40 litros, contendo solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon (1950) com 10 % da sua força iônica (período de adaptação), que, posteriormente, aumentou para 100 %, durante a condução do experimento,

permanecendo com aeração constante até o final deste estudo.

Após o período de enraizamento das estacas (60 dias), as plantas foram individualizadas para recipientes com capacidade de 5 litros e aplicaram-se os tratamentos sob a técnica do elemento faltante. O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados, com três repetições, constituídas por três recipientes contendo uma muda cada e nove tratamentos: solução de Hoagland & Arnon (1950) completa (controle) e com omissões individuais de nitrogênio (-N), fósforo (-P), potássio (-K), cálcio (-Ca), magnésio (-Mg), enxofre (-S), boro (-B) e ferro (-Fe).

No decorrer do experimento, foram realizadas avaliações visuais para diagnosticar a deficiência de nutrientes e, após o período de 94 dias, as plantas foram colhidas e avaliadas quanto à altura e diâmetro do caule. Em seguida, o material colhido foi lavado em água destilada.

Para a determinação da massa de matéria seca da parte aérea e das raízes, foram fragmentados e separados o sistema radicular e a parte aérea de cada planta, sendo realizado, em seguida, o acondicionamento desses fragmentos em sacos de papel, que foram mantidos em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 horas. Em seguida, foi realizada a moagem do material vegetal em moinho tipo Willey, com peneira de 20 mesh, para posteriores determinações da composição mineral (Malavolta et al. 1997). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott, a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados de matéria seca (MS), com exceção dos tratamentos com omissões de Mg e S, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, todos os outros foram estatisticamente inferiores ao tratamento controle (Tabela 1). Em comparação à média verificada no tratamento controle, os menores valores de matéria seca da parte aérea foram observados nas plantas com omissões de N e B. Na análise de matéria seca da raiz, as plantas cultivadas sob omissões de N, P, K, Ca, B e Fe apresentaram resultados estatisticamente inferiores, em relação ao controle. Os menores valores de matéria seca total (MST) foram observados nos tratamentos com omissões de N, B e Ca, em relação aos demais (Tabela 1).

As plantas cultivadas sob omissão de N apresentaram sintomas a partir dos 19 dias após o início

Tabela 1. Produção de matéria seca da parte aérea, raiz e total de amoreira-preta sob omissão de nutrientes (Lavras, MG, 2014).

Tratamento	Matéria seca (g)		
	Parte aérea	Raiz	Total
Completo	87,03 a	16,83 a	103,85 a
-N	10,52 d	5,16 b	15,68 b
-P	34,27 c	7,69 b	41,96 b
-K	42,45 c	6,37 b	48,82 b
-Ca	28,28 c	2,57 b	30,84 d
-Mg	72,32 a	16,15 a	88,48 a
-S	73,83 a	13,42 a	87,24 a
-B	19,80 d	4,23 b	24,03 d
-Fe	52,33 b	9,81 b	62,57 c

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5 %.

dos tratamentos. Os primeiros sintomas apresentados foram clorose generalizada nas folhas mais velhas (Figura 1), a qual, com o decorrer do tempo, foi substituída por um tom avermelhado, causado,

provavelmente, pelo acúmulo de antocianinas; bem como menor crescimento das hastes, sendo que os resultados foram semelhantes àqueles em framboesas, descritos por Castaño et al. (2008).

A deficiência de N provocou severa diminuição no crescimento das plantas de amora-preta. De acordo com Malavolta et al. (1989), a deficiência de nitrogênio na planta está envolvida com a redução do crescimento, como resultado de uma das funções que o nutriente desempenha na planta. Normalmente, o nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas culturas, uma vez que atua como estrutural nas moléculas dos aminoácidos, proteínas, enzimas, pigmentos e produtos secundários. O N é o elemento que a amoreira-preta necessita em maior quantidade e o principal responsável pelo crescimento, desenvolvimento e produção das plantas (Strik 2008). O conteúdo ótimo necessário para o crescimento da cultura está entre 2 % e 5 % da matéria seca das plantas (Castaño et al. 2008). Os sintomas de deficiência são manifestações exteriores de eventos bioquímicos, que ocorrem em

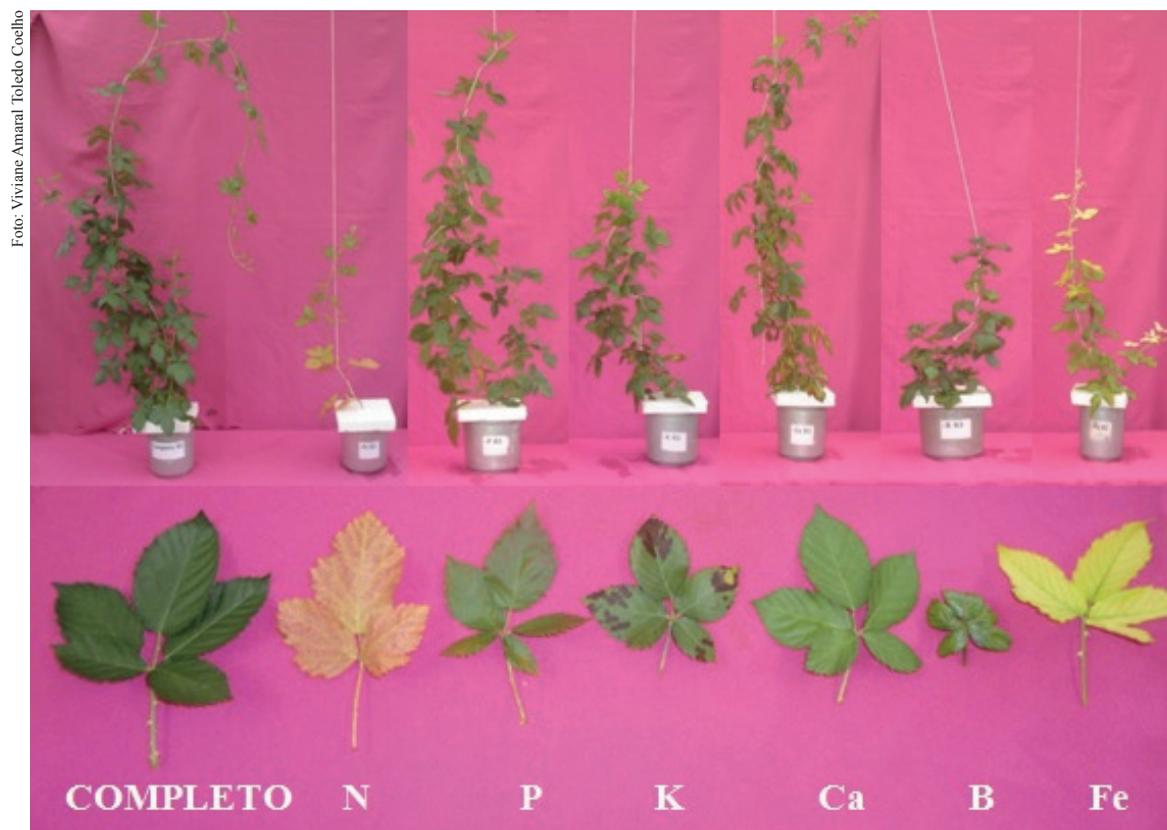


Figura 1. Sintomatologia das deficiências na amoreira-preta cv. Brazos mantida em solução nutritiva completa e com omissões de N, P, K, Ca, B e Fe, manifestadas, respectivamente, aos 70, 93, 93, 70, 93 e 70 dias após o início dos tratamentos (Lavras, MG, 2014).

nível molecular e celular, nos tecidos vegetais. Isso faz com que os sintomas de deficiência sejam reproduzíveis em plantas de espécies diferentes, na maioria das vezes, visto que os elementos essenciais apresentam funções bioquímicas específicas no metabolismo, e que variam pouco entre espécies (Silva et al. 2009).

Após 60 dias da instalação do experimento, as plantas mantidas sob omissão de P iniciaram a manifestação das desordens nutricionais. Verificou-se, nessas plantas, arroxamento do limbo foliar e, com a evolução da deficiência, ocorreu necrose das folhas afetadas (Figura 1), sendo que esses sintomas também foram observados por Silva et al. (2009), em pinhão-mansão.

De acordo com Malavolta (1980), a rápida redistribuição de fósforo dos órgãos mais velhos para os mais novos, quando ocorre carência do elemento, faz com que as folhas mais velhas sejam as primeiras a mostrarem os sintomas, ou seja, a carência desse elemento no substrato induz a planta a utilizar o fósforo não metabolizado, localizado no vacúolo das folhas mais velhas, sendo redistribuído para os órgãos mais novos, cujo crescimento cessa quando acaba tal reserva.

As plantas sob carência de K apresentaram sintomas de deficiência após 65 dias de estabelecidos os tratamentos. As folhas mais velhas apresentaram leve clorose internerval (Figura 1). Os sintomas de carência de K se manifestam, em primeiro lugar, nas folhas mais velhas (indicação da rapidez na redistribuição), como clorose seguida de necrose das pontas e margens. Nas regiões lesadas (clorose e necrose) acumula-se o tetrametileno diamina ou putrescina, $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4$ (Malavolta 1980, Raij et al. 1991).

No tratamento sob omissão de Ca, inicialmente, foi observado crescimento mais lento, quando comparado às plantas do tratamento controle, culminando com a morte apical aos 45 dias após a implantação do experimento. Os sintomas foram caracterizados por clorose seguida de necrose das margens das folhas medianas dos ramos. Com o avanço da deficiência, essa necrose marginal progrediu para quase todo o limbo foliar (Figura 1).

A deficiência de Ca, normalmente, retarda o crescimento e causa a morte dos ponteiros (Silva et al. 2009). O cálcio é absorvido pelas raízes como Ca^{+2} e o seu movimento ascendente se dá por meio de reações de troca em vasos condutores, mais do que por fluxo de massa. Depois de localizado nas folhas, o Ca se torna imóvel. A falta de cálcio afeta, particularmente, os pontos de crescimento da raiz, sendo que

aparecem núcleos poliploides, células binucleadas, núcleos constrictos e divisões amitóticas, bem como cessa o desenvolvimento e há escurecimento e morte (Malavolta 1980).

Os sintomas de deficiência de B começaram a ser observados aos 50 dias após a aplicação do tratamento. Nas plantas cultivadas com a omissão de boro, foram observadas brotações laterais e morte prematura do meristema apical, além de clorose em folhas novas e seu encarquilhamento, na parte superior da folha (Figura 1). Os resultados foram semelhantes aos observados por Lange et al. (2005), em mamona cultivar Íris.

Em relação ao B, sua principal função está relacionada às estruturas primárias da parede celular, mais especificamente na síntese de pectina, celulose e lignina (Moraes et al. 2002). Malavolta et al. (1997) relataram que a deficiência de boro prejudica o transporte e a ação dos reguladores de crescimento, além de provocar distúrbios no desenvolvimento da planta. Analisando-se os dados de matéria seca da amoreira-preta, a baixa produção de biomassa causada pela omissão de B está diretamente relacionada com a rápida inibição do crescimento da planta, o que foi verificado no presente trabalho.

Com a omissão de Fe, observou-se clorose internerval nas folhas mais novas, formando um reticulado fino (Figura 1). Em seguida, identificou-se necrose foliar, que evoluiu das margens para o centro, e morte do meristema apical. Os sintomas manifestaram-se aos 19 dias da aplicação do tratamento. Esses mesmos sintomas foram observados por Lange et al. (2005), em mamona cultivar Íris.

Segundo Raij et al. (1991), o transporte de ferro se dá na corrente transpiratória e, no exsudado do xilema, o ferro aparece largamente como quelado de ácido cítrico. Na planta em desenvolvimento e na adulta, entretanto, não se dá, praticamente, a redistribuição do Fe e, como consequência, a lâmina foliar amarelece, enquanto as nervuras podem ficar verdes durante algum tempo, destacando-se como um reticulado muito fino. Em casos extremos, as folhas adquirem coloração esbranquiçada.

As plantas sob omissões de Mg e S não manifestaram sintomas característicos de deficiência, o que pode ser explicado pelo fato de que, no período de adaptação (em que são fornecidos todos os nutrientes), as plantas podem ter adquirido quantidades adequadas para o seu desenvolvimento, pelo menos até o período adotado neste estudo.

A redução no teor foliar de nitrogênio nas plantas do tratamento controle e com a omissão desse nutriente não foi observada nos tratamentos com omissões de Fe, K, B, Mg e Ca, provavelmente devido ao efeito de concentração, no qual há aumento do teor, quando cai a produção de matéria seca da planta (Tabela 2), com exceção do tratamento com omissão de Mg, no qual as plantas apresentaram produção de biomassa semelhante à do tratamento controle (Tabela 1).

As plantas que receberam solução nutritiva completa apresentaram acúmulo de nitrogênio na parte aérea de 1.000,0 g kg⁻¹ e, na ausência de N na solução nutritiva, o acúmulo foi de 72,8 g kg⁻¹ (Tabela 3). Esses valores são inferiores aos observados por Viégas et al. (2004), nas folhas (261,23 g kg⁻¹) e caule (479,35 g kg⁻¹) de camuazeiro. Para o acúmulo de N na parte aérea, foi constatado maior valor nas plantas com a ausência de Mg, Fe, S e K na solução de cultivo, sendo os menores valores apresentados pelas demais omissões (Tabela 3). Esse fato pode ser explicado pela maior produção de matéria seca nas plantas deficientes em Mg e S, e valores mais próximos de Fe e K, e pelas menores produções de matéria seca para plantas com deficiência de N, P,

Ca e B. Para o sistema radicular, os resultados foram os mesmos, em relação à parte aérea.

O acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas que apresentaram sintomas visuais de deficiência desse nutriente foi de 12,4 mg planta⁻¹ e sem deficiência de 119,3 mg planta⁻¹ (Tabela 3). Esses valores corroboram os resultados obtidos por Ramos et al. (2013), em estudo realizado com abacaxizeiro. Para o acúmulo de fósforo no sistema radicular, os menores valores foram encontrados em plantas dos tratamentos com omissões de Fe, K, B, Ca e P, quando comparados com o tratamento controle (Tabela 3).

Para o teor de fósforo na parte aérea, os maiores valores foram observados nas plantas que receberam solução nutritiva com omissão de K e B, enquanto os menores foram observados naquelas que receberam solução nutritiva com omissão de N e P (Tabela 2). Por outro lado, o maior teor de P nas raízes foi constatado na condição de omissão de N (Tabela 2), possivelmente devido ao efeito de concentração, haja vista a baixa produção de MS de raízes, nesse tratamento (Tabela 1). A falta de fósforo na solução nutritiva resultou em menor produção de MS na amoreira-preta, provavelmente devido ao fato de

Tabela 2. Teor de nutrientes na matéria seca da parte aérea e raiz de amoreira-preta submetidas à omissão de nutrientes (Lavras, MG, 2014).

Tratamento	Teores dos nutrientes na parte aérea										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Completo	11,4 b	1,3 c	9,8 d	5,7 b	2,3 c	1,4 b	37,8 c	1,8 b	119,9 c	142,3 c	6,7 d
-N	6,9 b	0,6 d	4,8 d	9,0 a	3,6 a	1,1 b	91,0 a	2,6 b	285,3 a	300,8 a	53,3 a
-P	11,4 b	0,3 d	7,0 d	3,8 b	2,2 c	1,2 b	39,6 c	3,2 a	201,6 b	203,7 b	15,2 d
-K	20,0 a	3,2 a	0,6 d	4,6 b	3,8 a	2,0 a	63,1 b	3,5 a	126,1 c	117,8 c	23,7 c
-Ca	16,1 a	2,3 b	13,4 a	1,6 c	3,4 b	2,1 a	62,1 b	3,2 a	151,6 c	139,3 c	20,2 c
-Mg	17,8 a	1,6 c	13,0 a	5,2 b	1,7 c	1,5 b	50,1 c	1,5 b	106,6 c	137,7 c	3,3 d
-S	13,1 b	1,2 c	8,0 c	5,2 b	2,0 c	0,9 b	43,9 c	1,4 b	90,8 c	135,8 c	9,0 d
-B	18,9 a	2,7 a	10,0 b	5,2 b	3,0 b	1,9 a	10,2 d	4,4 a	133,7 c	205,2 b	30,7 b
-Fe	20,8 a	2,0 b	10,0 b	6,4 b	3,2 b	1,7 a	57,4 b	4,2 a	69,4 c	197,0 b	18,7 c
Tratamento	Teores dos nutrientes na raiz										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Completo	16,1 b	4,2 b	13,2 a	9,8 a	2,6 b	2,7 b	18,9 c	7,4 a	1.603,9 b	127,8 b	16,4 c
-N	8,0 b	9,1 a	18,2 a	3,9 b	4,1 a	4,8 a	27,8 b	6,4 a	2.456,3 b	192,6 a	84,8 a
-P	18,0 b	0,3 c	9,8 a	2,9 b	1,7 c	2,2 b	32,8 a	8,4 a	2.001,7 b	132,1 b	27,3 c
-K	32,5 a	3,1 b	0,8 c	2,2 b	2,3 b	3,1 b	25,5 c	9,1 a	1.577,3 b	39,4 c	20,9 c
-Ca	31,4 a	3,9 b	6,4 b	1,3 b	2,1 b	2,9 b	20,3 c	14,9 a	5.927,4 a	63,9 c	19,6 c
-Mg	14,3 b	3,4 b	14,6 a	5,4 b	1,0 c	2,4 b	19,7 c	5,0 a	1.903,1 b	80,5 c	11,7 c
-S	24,9 a	5,1 b	11,8 a	10,4 a	1,5 c	1,0 c	23,7 c	7,7 a	1.939,2 b	111,9 b	13,7 c
-B	28,8 a	4,1 b	12,0 a	3,3 b	2,4 b	2,9 b	19,5 c	7,4 a	1.974,2 b	79,9 c	49,9 b
-Fe	24,7 a	2,9 b	8,4 b	4,0 b	2,7 b	2,6 b	25,6 b	9,0 a	150,0 c	65,1 c	25,4 c

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5 %.

Tabela 3. Acúmulo de nutrientes na matéria seca da parte aérea e raiz de amoreira-preta submetidas à omissão de nutrientes (Lavras, MG, 2014).

Tratamento	Acúmulo de nutrientes na parte aérea										
	N*	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg planta ⁻¹						µg planta ⁻¹				
Completo	1.000,0 a	119,3 a	855,4 a	494,9 a	199,4 a	126,6 a	3.298,6 a	162,1 b	10.221,4 a	12.341,2 a	592,1 b
-N	72,8 b	6,3 c	50,4 d	94,4 c	38,4 b	12,6 b	954,7 b	27,4 d	2.888,2 c	3.160,5 b	561,7 b
-P	396,4 b	12,4 c	241,1 c	131,3 c	76,5 b	43,5 b	1.364,6 b	109,9 c	6.684,2 b	6.833,7 b	532,9 b
-K	835,0 a	133,5 a	25,4 d	205,4 c	164,2 a	86,1 a	2.654,0 a	143,4 b	5.385,9 c	5.311,3 b	955,3 a
-Ca	482,7 b	67,4 b	371,1 c	47,1 c	96,3 b	59,6 b	1.741,1 b	91,3 c	4.350,8 c	3.928,3 b	577,2 b
-Mg	1.287,1 a	118,3 a	940,8 a	373,9 b	127,3 a	114,1 a	3.623,7 a	110,9 c	7.722,3 b	9.945,5 a	604,8 b
-S	969,5 a	90,7 a	579,0 b	382,7 b	146,6 a	67,2 b	3.273,9 a	103,5 c	6.608,9 b	10.122,0 a	632,8 b
-B	370,4 b	56,4 b	197,9 c	104,8 c	59,5 b	38,4 b	199,7 b	86,5 c	2.698,9 c	3.998,0 b	614,8 b
-Fe	1.095,1 a	109,7 a	527,2 b	334,0 b	169,4 a	90,2 a	3.021,7 a	218,6 a	3.660,9 c	10.291,7 a	977,7 a
Tratamento	Acúmulo de nutrientes na raiz										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg planta ⁻¹						µg planta ⁻¹				
Completo	277,1 a	70,7 a	229,1 a	169,6 a	46,0 a	47,0 a	316,3 a	126,3 a	24.457,9 a	2.140,3 a	286,7 b
-N	41,7 b	47,0 a	92,0 b	19,9 c	20,5 b	24,4 b	140,4 c	33,6 b	12.695,4 b	948,8 c	429,0 a
-P	139,4 b	2,7 b	72,0 b	24,0 c	13,5 b	17,0 b	245,7 b	61,2 b	15.398,6 b	998,3 c	195,1 c
-K	195,3 a	19,6 b	4,7 b	15,5 c	15,3 b	19,9 b	143,9 c	54,9 b	9.500,0 b	277,8 d	122,7 c
-Ca	84,4 b	10,1 b	18,3 b	3,6 c	5,6 b	7,7 b	53,7 d	36,1 b	14.805,4 b	166,9 d	51,0 c
-Mg	228,2 a	54,8 a	234,7 a	85,6 b	17,5 b	39,7 a	317,6 a	80,2 a	30.794,8 a	1.231,1 b	188,6 c
-S	334,8 a	70,9 a	155,9 a	143,3 a	20,3 b	14,5 b	313,6 a	104,2 a	26.239,8 a	1.509,7 b	183,1 c
-B	122,8 b	17,5 b	50,0 b	14,8 c	10,6 b	12,5 b	83,3 d	30,5 b	8.507,4 b	336,2 d	190,5 c
-Fe	239,0 a	27,8 b	85,6 b	42,1 c	25,6 b	25,1 b	249,1 c	87,8 a	1.604,4 b	655,4 c	232,6 c

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5 %.

esse nutriente auxiliar na translocação de fotossintatos para partes em crescimento e na extensão celular.

Em relação ao teor de K na parte aérea das plantas de amoreira-preta, os maiores valores foram encontrados nos tratamentos com omissão de Ca, Mg, B e S, quando comparados ao tratamento controle, e os menores valores nas omissões de N, P e K (Tabela 2). Para o teor de nutrientes nas raízes, os menores valores foram encontrados para as omissões de Fe, Ca e K. Conforme valores analisados, tanto na parte aérea quanto na raiz, há ocorrência de relação antagonista entre os nutrientes K x Ca e K x Mg, sendo, nestes últimos, em maiores proporções. De acordo com Pereira et al. (2013), a diminuição das concentrações foliares de K resultante do aumento de N revela uma relação de inibição competitiva entre esses nutrientes, diferentemente do relatado por Castaño et al. (2008), que observaram correlação positiva significativa entre seus teores em amoreira-preta.

Os menores acúmulos nutricionais de K encontrados na parte aérea das plantas de amoreira-preta foram verificados nas omissões de N e K, e o maior acúmulo em plantas do tratamento controle

(Tabela 3). Para o sistema radicular, foram observados menores acúmulos de K para plantas submetidas a soluções nutritivas com ausência dos nutrientes N, P, K, Ca, B e Fe (Tabela 3).

Em relação aos teores de Ca encontrados na parte aérea, o maior valor foi verificado nas plantas dos tratamentos sob omissão de N (efeito de concentração de Ca, devido à menor produção de biomassa, limitada pelo fornecimento de N), enquanto os menores valores foram observados em plantas com solução nutritiva sem Ca (Tabela 2). O maior teor de cálcio na parte aérea foi verificado nas plantas do tratamento com omissão de N, e o menor com omissão de Ca (Tabela 2). Quanto aos teores desse nutriente nas raízes, os menores valores foram encontrados em plantas cultivadas em solução nutritiva com ausência de N, P, K, Ca, Mg, B e Fe, quando comparadas com o tratamento controle (Tabela 2). Os maiores valores de acúmulo nutricional de Ca na parte aérea foram observados em plantas submetidas aos tratamentos com omissões de N, P, K, Ca e B, e, para o sistema radicular, quando essas plantas foram cultivadas na ausência de N, P, K, Ca, B e Fe.

Considerando-se o Mg na parte aérea, os maiores teores foram observados em plantas de

amoreira-preta cultivadas nos tratamentos sob omissão de N e K, e os menores valores foram para plantas submetidas aos tratamentos com ausência de P, Mg e S, em comparação ao tratamento controle (Tabela 2). Parte desses resultados corroboram os apresentados por Viégas et al. (2004), sendo o maior teor de Mg para o tratamento sob omissão de K e o menor para S e Mg, com $5,22 \text{ g kg}^{-1}$, $1,75 \text{ g kg}^{-1}$ e $0,70 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente, nas folhas de camucamuzeiro. Os acúmulos de Mg na parte aérea das plantas sob deficiência de N, P, Ca e B foram menores, em relação ao tratamento controle, e, no sistema radicular, houve diminuição de todos, também em relação ao tratamento controle (Tabela 3).

Analisando-se os teores de S na parte aérea, os maiores valores foram encontrados em plantas cultivadas em solução nutritiva com omissões de Ca, K, B e Fe (Tabela 2), e, no sistema radicular, o maior valor foi observado em planta submetida a uma solução nutritiva com ausência de N (Tabela 2). Há uma relação positiva entre os elementos N e S, assim como o tratamento sob omissão de S apresentou alto teor de matéria seca e, conseqüentemente, resultou em maior teor de N nas raízes.

Duboc et al. (1996a e 1996b), em mudas de *Copaifera langsdorffii* Hymenaea courbaril, também observaram que a omissão de S favoreceu a absorção de Ca. Com relação ao acúmulo de S na parte aérea de plantas de amoreira-preta, os maiores valores foram observados nos tratamentos controle e quando submetidas a solução nutritiva com ausência de K, Mg e Fe, enquanto, nas raízes, foram constatados em plantas cultivadas em solução nutritiva com ausência de Mg, além do tratamento controle.

O maior teor de B na parte aérea da amoreira-preta foi encontrado em plantas submetidas ao tratamento com omissão de N e o menor teor quando o cultivo se deu na ausência de B (Tabela 2). Na raiz, o maior teor de B foi encontrado em plantas do tratamento com solução nutritiva com ausência de P, e os menores teores em plantas submetidas a solução nutritiva com ausência de K, S, Mg, B e Ca, sendo tais teores semelhantes aos relatados por Ramos et al. (2013), na cultura do abacaxizeiro. De acordo com os acúmulos de B na parte aérea, os menores valores foram atribuídos às omissões de Ca, P, N e B, e, para a raiz, os menores valores foram observados na omissão de B e Ca (Tabela 3).

Os dados correspondentes aos teores de Cu na parte aérea apresentaram os maiores valores para

plantas cultivadas nos tratamentos com omissões de B, Fe, K, Ca e P, em comparação ao tratamento controle, e, nas raízes, os tratamentos não diferem, estatisticamente, entre si (Tabela 2). Os resultados dos acúmulos nutricionais de Cu na parte aérea demonstram que o maior valor foi para o tratamento sob omissão de Fe e o menor para omissão de N. No sistema radicular, os menores valores foram atribuídos aos tratamentos com ausência de P, K, Ca, N e B (Tabela 3).

Para os teores de Fe na parte aérea, as plantas submetidas ao tratamento com omissão de N obtiveram maior valor. No sistema radicular, o teor de Fe foi maior, quando as plantas foram cultivadas em tratamento com ausência de Ca (Tabela 2). Os teores nutricionais apresentam resultados semelhantes aos de Viégas et al. (2013), em pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.). Para os acúmulos de Fe na parte aérea, os menores valores foram observados quando as plantas foram tratadas com solução nutritiva sem os nutrientes B, N, Fe, Ca e K, se comparadas às plantas do tratamento controle, e, nas raízes, os resultados foram semelhantes aos da parte aérea, com inclusão do tratamento com solução nutritiva sem o nutriente P (Tabela 3).

Analisando-se os teores de Mn da parte aérea, o maior valor encontrado foi em plantas submetidas a solução nutritiva com omissão de N, e os menores valores foram observados nos tratamentos com ausência de Ca, Mg, S e K. No sistema radicular, novamente o tratamento com ausência de N proporcionou maiores teores de nutrientes, quando comparado aos demais (Tabela 2). Ao se verificar o acúmulo de Mn na parte aérea, com exceção das plantas cultivadas sob omissão de Fe, S, Mg e a completa, todas as demais omissões verificadas causaram queda nessa característica e, na raiz, os menores valores foram observados para B, K e Ca, em relação ao controle.

Por fim, os teores de Zn na parte aérea e sistema radicular foram maiores nas plantas do tratamento com omissão de N, e os menores teores na parte aérea foram observados sob omissão de S e Mg. No sistema radicular, os menores valores ocorreram sob omissão de P, Fe, K, Ca, Mg, S e tratamento completo (Tabela 2). Barroso et al. (2005), trabalhando com deficiências nutricionais em teca, encontrou os mesmos resultados anteriormente citados.

Analisando-se o acúmulo de Zn na parte aérea da amoreira-preta, observou-se que os maiores valores foram encontrados nas plantas com omissão de Fe e K, sendo os menores atribuídos aos demais

tratamentos. Para o sistema radicular, o maior acúmulo foi encontrado no tratamento -N, e os menores ficaram à cargo dos tratamentos sob omissão de Fe, B, S, Mg, Ca, K e P.

CONCLUSÕES

1. A falta individualizada de N, P, K, Ca, B e Fe na solução nutritiva produz alterações morfológicas, traduzidas como sintomas caracterizados de deficiência nutricional, para cada elemento estudado.
2. Não se detectam sintomas de carência dos tratamentos de Mg e S nas folhas.
3. As deficiências de N, B e Ca são as que mais limitam o crescimento da amoreira-preta.

REFERÊNCIAS

- BARROSO, D. G. et al. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. *Revista Árvore*, Lavras, v. 29, n. 5, p. 671-679, 2005.
- CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R. Produção da amoreira-preta 'Tupy' sob diferentes épocas de poda. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 42, n. 2, p. 225-231, 2012a.
- CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R. Phenological and yield performance of black and redberry cultivars in western Paraná State. *Acta Scientiarum: Agronomy*, Maringá, v. 34, n. 4, p. 439-444, 2012b.
- CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R. Enraizamento de estacas caulinares e radiculares de cultivares de amoreira-preta coletadas em diferentes épocas, armazenadas a frio e tratadas com AIB. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 42, n. 2, p. 232-237, 2012c.
- CASTAÑO, C. A. et al. Evaluación de las deficiencias nutricionales en el cultivo de la mora (*Rubus glaucus*) en condiciones controladas para bosque montano bajo. *Agronomía*, Caldas, v. 16, n. 1, p. 75-88, 2008.
- DUBOC, E. et al. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf (óleo copaíba). *Cerne*, Lavras, v. 2, n. 2, p. 31-47, 1996a.
- DUBOC, E. et al. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang). *Cerne*, Lavras, v. 2, n. 1, p. 138-152, 1996b.
- FAQUIN, V. *Diagnose do estado nutricional das plantas*. Lavras: UFLa, 2002.
- GUEDES, M. N. S. et al. Composição química, compostos bioativos e dissimilaridade genética entre cultivares de amoreira (*Rubus* spp.) cultivadas no sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 206-213, 2014.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. *The water culture method for growing plants without soils*. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950.
- LANGE, A. et al. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 40, n. 1, p. 61-67, 2005.
- MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1989.
- MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.
- MORAES, L. A. C. et al. Relação entre flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 37, n. 10, p. 1431-1436, 2002.
- PEREIRA, I. S. et al. Adubação nitrogenada e características agronômicas em amoreira-preta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 48, n. 4, p. 373-380, 2013.
- RAIJ, B. V. et al. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991.
- RAMOS, M. J. M. et al. Leitura SPAD em abacaxizeiro imperial cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 277-281, 2013.
- SILVA, E. B. et al. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-mansão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 44, n. 4, p. 392-397, 2009.
- SOUZA, V. R. et al. Analysis of the subtropical blackberry cultivar potential in jelly processing. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 79, n. 9, p. S1776-S1781, 2014.
- STRIK, B. C. A review of nitrogen nutrition of *Rubus*. *Acta Horticulturae*, Leuven, v. 777, n. 1, p. 403-410, 2008.
- STRIK, B. C.; FINN, C. E. Blackberry production systems: a worldwide perspective. *Acta Horticulturae*, Leuven, v. 946, n. 1, p. 341-347, 2012.
- TADEU, M. H. et al. Poda drástica de verão e produção de cultivares de amoreira-preta em região subtropical. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 50, n. 2, p. 132-140, 2015.
- VIÉGAS, I. J. M. et al. Composição mineral e sintomas visuais de deficiências de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.). *Acta Amazonica*, Manaus, v. 43, n. 1, p. 43-50, 2013.
- VIÉGAS, I. J. M. et al. Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 315-319, 2004.