



Acúmulo de nutrientes e massa seca de brócolis cabeça única em função da omissão de macronutrientes.

Víctor Manuel Vergara Carmona⁽¹⁾; Hilário Júnior de Almeida⁽¹⁾; Rilner Alves Flores⁽²⁾; Bernardo Melo Montes Nogueira Borges⁽¹⁾; Renato de Melo Prado⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Programa de Pós-graduação (Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP - Câmpus de Jaboticabal, Depto. de Produção Vegetal, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14.884-900; Jaboticabal, SP; e-mail: vivergara66@gmail.com; ⁽²⁾ Programa de Pós-graduação (Ciências do Solo), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO: Dentre as brássicas, o brócolis surge como uma das espécies economicamente mais importantes no Brasil, contudo existe escassa informação acerca das necessidades nutricionais da cultura. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da deficiência de macronutrientes sobre a produção de massa seca e o acúmulo de nutrientes na cultura. Para isto, de julho a outubro de 2011, foi realizado um experimento em ambiente protegido com a cultivar Avenger de brócolis cabeça única, através da técnica do elemento faltante. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições, sendo os tratamentos solução nutritiva completa (SC) e soluções nutritivas com as omissões individuais de nitrogênio (-N); fósforo (-P); potássio (-K); cálcio (-Ca); magnésio (-Mg) e enxofre (-S). Cada unidade experimental foi constituída por uma planta, perfazendo um total de 21 parcelas. Avaliou-se o acúmulo de massa seca e o acúmulo de macronutrientes das plantas inteiras de brócolis referentes a cada tratamento. A omissão de nutrientes provocou o desbalanço no acúmulo de macronutrientes nas plantas, sendo a omissão de N, K e Ca as que causaram maior diminuição do acúmulo de massa seca e nutrientes no brócolis. A deficiência de um macronutriente promove a diminuição da produção de massa seca nas plantas de brócolis, além de causar desequilíbrios na absorção dos outros nutrientes.

Termos de indexação: *Brassica oleracea* var. *italica*, deficiência nutricional.

INTRODUÇÃO

O brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) é uma das principais brássicas consumidas no Brasil, apresenta grande demanda de nutrientes durante um ciclo de cultivo relativamente curto (Seabra Júnior et al., 2013), e, nos últimos anos, tem se verificado um incremento na sua produção no território nacional (Agriannual, 2015).

Entretanto, apesar da sua importância no cenário agrícola nacional, são escassos os estudos voltados à nutrição desta cultura, principalmente, no caso de cultivares tipo cabeça única, os quais são de cultivo

mais recente no Brasil, porém com melhores condições para o procesamento (Charlo et al., 2007).

O fornecimento adequado de nutrientes, através da fertilização, torna-se fundamental quando se deseja alcançar o máximo potencial produtivo dos cultivos, uma vez que estes participam na maioria das reações metabólicas das plantas (Hawkesford et al., 2012), garantindo assim o normal desenvolvimento e crescimento vegetal (White & Broadley, 2003; Castoldi et al., 2009).

Por outro lado, a deficiência de um ou mais nutrientes podem influenciar o crescimento e a produção das plantas, causando modificações morfológicas, anatômicas ou na composição química destas, influenciando diretamente a sua qualidade e produtividade (Avalhães et al., 2009).

Portanto, considerando que a disponibilidade de informações técnicas na literatura sobre a nutrição de brócolis tipo cabeça única, são escassas, objetivou-se com este trabalho, avaliar a influência da deficiência de macronutrientes sobre a produção de massa seca e o acúmulo de nutrientes na cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Desde julho a outubro de 2011 foi conduzido um experimento em casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, câmpus de Jaboticabal, SP.

O experimento foi desenvolvido sob delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram: solução nutritiva completa (SC) e soluções nutritivas com as omissões individuais de nitrogênio (-N); fósforo (-P); potássio (-K); cálcio (-Ca); magnésio (-Mg) e enxofre (-S). Cada unidade experimental foi constituída por uma planta, perfazendo um total de 21 parcelas.

As mudas de brócolis ‘Avenger’ foram feitas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, preenchidas com vermiculita e irrigadas com água deionizada nos cinco primeiros dias. Posteriormente, as plântulas receberam solução nutritiva (Hoagland & Arnon, 1950) a 5% da força iônica. Após quatro dias, mudas vigorosas e homogêneas foram transplantadas para vasos de três L contendo



solução nutritiva ao 40% da força iônica, onde permaneceram por mais três dias, quando então, foram aplicados os tratamentos.

Durante o período experimental, os vasos foram remanejados entre si a cada semana para proporcionar as mesmas condições de temperatura, umidade e luminosidade. As soluções nutritivas foram submetidas à aeração constante e o pH monitorado diariamente, sendo ajustado para $5,5 \pm 0,2$ pela correção com NaOH ou HCl $0,1 \text{ mol L}^{-1}$. A troca da solução nutritiva foi realizada levando-se em conta a redução de 30% da condutividade elétrica inicial, e a reposição da água evapotranspirada foi realizada utilizando água deionizada. As plantas foram colhidas aos 48 dias após o transplantio (DAT), exceto aquelas que receberam os tratamentos de -N, -Ca e -K, as quais foram colhidas aos 38 DAT devido ao aparecimento mais precoce dos sintomas visuais de desordem nutricional.

As plantas coletadas dos respectivos tratamentos foram lavadas em água bidestilada e água deionizada por quatro vezes e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante. Posteriormente, as plantas foram pesadas para determinação da massa seca. Logo, o material foi moído em moinho tipo Wiley e submetido à digestão nítrico-perclórica, conforme descrito por Bataglia et al. (1983) para a determinação do teor de macronutrientes. Com as variáveis teor e massa seca, foi calculado o acúmulo de macronutrientes na planta inteira referente à cada tratamento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software AgroEstat (Barbosa & Maldonado Júnior, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A omissão de N na solução nutritiva causou, aproximadamente, 85, 73, 78, 77, 28 e 68% menos absorção de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, em comparação às plantas mantidas com SC (**Tabela 1**) o que, em consequência, provocou diferenças significativas sobre o acúmulo de massa seca nas plantas (**Tabela 1**), pois, a falta de N, é caracterizada pela redução no crescimento dos tecidos vegetais, pequeno tamanho das folhas e inflorescências (Seabra Júnior et al., 2013). Além disso, com a omissão de N no meio de cultivo, Avalhães et al. (2009) observaram baixíssimo crescimento de raízes, em comparação às cultivadas em SC, o que pode explicar a baixa absorção de nutrientes pelas plantas.

Por outro lado, a omissão de P em solução nutritiva, não teve efeitos significativos sobre o

acúmulo de massa seca das plantas, quando comparadas com as cultivadas em SC (**Tabela 1**). Geralmente, o P é o macronutriente menos demandado pelas culturas, especialmente brassicáceas como a couve-flor e o repolho, que acumularam somente $0,59$ e $0,087 \text{ g planta}^{-1}$ em 69 e 63 dias de ciclo, respectivamente (Castoldi et al., 2009; Avalhães et al., 2009), assim, as plantas do presente trabalho podem ter acumulado suficiente P nos estádios prévios à omissão, e conseguiram se desenvolver sem problemas após a aplicação dos tratamentos.

Diferentemente do observado em plantas com efeito da omissão de N, onde o acúmulo de macronutrientes foi significativamente afetado em comparação às plantas cultivadas em SC, a omissão de P provocou diferença significativa, somente, sobre o acúmulo de P, K e Ca (**Tabela 1**). Esses resultados são diferentes dos verificados por Avalhães et al. (2009), onde a omissão de P causou diferenças significativas no acúmulo de todos os macronutrientes em comparação às plantas de repolho mantidas em SC, o que pode ser em razão do menor tempo de berçário do presente experimento.

Em comparação às plantas de brócolis mantidas em SC, as que permaneceram em omissão de K acumularam somente 50% da massa seca (**Tabela 1**). Embora o nutriente não forma parte da estrutura celular, é responsável da ativação de muitas enzimas, através da estabilização do pH no citosol, participa da síntese proteica e está envolvido no processo da osmoregulação (Hawkesford et al., 2012), o que permite o normal desenvolvimento celular e, conseqüentemente, de tecidos vegetais. Seabra Júnior et al. (2013) observaram pequeno desenvolvimento de plantas de brócolis deficientes em K.

Semelhante ao verificado em plantas deficientes em N, a omissão de K causou diminuição significativa no acúmulo de todos os macronutrientes respeito das plantas cultivadas em SC (**Tabela 1**). Estes resultados concordam com os observados por Avalhães et al. (2009) em repolho.

A omissão de Ca na solução nutritiva provocou o desbalanço no acúmulo de todos os macronutrientes avaliados, semelhante ao observado em omissão de N e K (**Tabela 1**). Os órgãos em crescimento demandam altas e contínuas quantidades de Ca para a estabilização da parede celular e a integridade da membrana plasmática, visando garantir a normal morfogênese vegetal (White & Broadley, 2003). Portanto, a deficiência de Ca provoca a redução de tecidos meristemáticos, como reportado por Avalhães et al. (2009). Os autores



observaram ausência de sistema radicular em plantas submetidas à omissão do macronutriente. Por esta razão, as plantas não absorveram nutrientes de forma adequada e, por conseguinte, houve diminuição significativa no acúmulo de massa seca, semelhante ao verificado no presente trabalho (**Tabela 1**).

A ausência de Mg na solução nutritiva somente causou diminuição significativa no acúmulo de Mg e S, respeito das plantas cultivadas em SC (**Tabela 1**). Além disso, si bem, houve diminuição significativa no acúmulo de massa seca, observa-se que não foi tão restritiva para as plantas de brócolis quanto à omissão de N, K e Ca. Sabe-se que o Mg é móvel nas plantas, conseguindo ser redistribuído desde as folhas velhas para os órgãos em franco crescimento, quando em deficiência (Hawkesford et al., 2012), o que permite que as plantas continuem crescendo e se desenvolvendo.

A omissão de S causou redução significativa sobre o acúmulo de K, Mg e S das plantas, respeito das cultivadas em SC e, semelhante ao tratamento de omissão de Mg, provocou a restrição no acúmulo de massa seca das plantas (**Tabela 1**). Segundo Hawkesford et al. (2012), a deficiência de S causa diminuição da síntese de clorofila e proteínas, em consequência do baixo conteúdo de amino ácidos (metionina e cisteína), resultando na restrição ao crescimento das plantas.

CONCLUSÕES

A deficiência de um macronutriente promove a diminuição da produção de massa seca nas plantas de brócolis, além de causar desequilíbrios na absorção dos outros nutrientes.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL, Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 516p. 2015.

AVALHÃES, C. C.; PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E.; CORREIA, M. A. R. Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional de plantas de repolho cultivado em solução nutritiva. *Bioscience Journal*, 25:21-28, 2009.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. *AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.0*. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2010.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. O.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T. Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. *Horticultura Brasileira*, 27: 438-446, 2009.

CHARLO, H. C. O.; VARGAS, P. F.; CASTOLDI, R.; OLIVEIRA, S. F.; BRAZ, L. T. Análise de crescimento, distribuição de matéria seca e produção de couve brócolis de cabeça única 'Legacy'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 47., Porto seguro, 2007. Anais. Porto Seguro: Associação Brasileira de Horticultura, 2007. p. 50-53.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MOLLER, I. S.; WHITE, P. Functions of macronutrients. In: MARSCHNER, P., Ed. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Adelaide: Elsevier, 2012. p. 135-189.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. *The water culture methods for growing plants without soil*. Berkeley: University of California, 1950. 32p (Circular 347).

SEABRA JÚNIOR, S.; LALLA, J. G.; GOTO, R.; MARINGONI, A. C.; VILLAS BOAS, R. L.; ROUWS, J. R. C.; ORIANI, E. E. Suscetibilidade à podridão negra e produtividade de brócolis em função de doses de nitrogênio e potássio. *Horticultura Brasileira*, 31: 426-431, 2013.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Calcium in plants. *Annals of Botany*, 92: 487-511, 2003.

Tabela 1 - Resultados médios de acúmulo de macronutrientes e massa seca de plantas (MSP) em brócolis 'Avenger' em função da omissão de nutrientes em solução nutritiva.

Tratamentos	Acúmulo (mg planta ⁻¹)						MSP
	N	P	K	Ca	Mg	S	
SC	1293,9 ab	241,3 a	1731,4 a	820,2 a	194,8 a	209,3 a	41.300 a
-N	185,6 d	64,2 c	371,1 c	185,5 bc	55,7 d	65,2 c	17.200 c
-P	1431,7 a	131,9 bc	1173,1 b	656,8 a	142,9 b	178,1 ab	35.300 ab
-K	605,5 c	140,5 bc	285,9 c	368,8 b	81,6 cd	80,8 c	20.100 c
-Ca	424,2 cd	78,3 c	424,4 c	38,8 c	124,9 b	62,7 c	17.600 c
-Mg	1288,7 ab	188,5 ab	1247,1 ab	686,4 a	45,6 d	138,6 b	32.500 b
-S	1055,9 b	186,1 ab	1221,1 b	657,1 a	110,4 bc	43,5 c	31.800 b
DMS*(5%)	284,3	78,3	501,5	193,7	41,8	43,4	7,8
CV**(%)	13,7	23,1	23,6	17,2	16,8	16,9	12,2

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si na coluna, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (P<0,05).

* Diferença mínima significativa

**Coeficiente de variação