

Influência da adubação fosfatada sobre o crescimento do camapu (*Physalis angulata* L.)

CRUZ, J. L.¹; SOUZA FILHO, L.F.S.²; PELACANI, C.R.³

¹Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Pesquisador, CP 007, Cruz das Almas, BA, 44380-000. jailson@cnpmf.embrapa.br; ²Universidade de São Paulo, Estudante de Pós graduação, Campus Luiz de Queiroz, CENA. Iffagro@hotmail.com; ³Universidade Estadual de Feira de Santana, Professora Titular, DCBIO, Av. Transnordestina, s/n, Modulo I, Campus, Feira de Santana, BA, 44036-900. claudineiapelacani@hotmail.com

* Autor para correspondência: jailson@cnpmf.embrapa.br

RESUMO: A espécie *Physalis angulata* L., pertencente à família Solanaceae, tem despontado como uma planta extremamente promissora para uso medicinal, em razão da produção do composto fisalina. No entanto, aspectos importantes do seu cultivo ainda permanecem pouco conhecidos. Assim, objetivou-se avaliar a influencia do fósforo para o seu crescimento. O experimento foi conduzido em Latossolo Amarelo de textura média, submetido a três doses de P: 8, 16 e 64 mg kg⁻¹ de P. Usou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado. Foram realizadas duas colheitas: aos 30 e 42 dias após o plantio. Verificou-se que as plantas cultivadas sob deficiência (8 mg kg⁻¹ de P no solo) apresentaram 26,3 folhas, enquanto as cultivadas com a maior dose (64 mg kg⁻¹ de P no solo) produziram 80,17 folhas. Aumento semelhante (201%) foi obtido para a área foliar, cujos valores variaram de 436,4 cm² a 1.313,9 cm². Sob deficiência, a produção da massa seca total foi de apenas 1,72g, enquanto para a dose de 64 mg kg⁻¹ de P no solo esse valor foi de 7,58g, significando um aumento de 340%. Plantas cultivadas com 8 mg kg⁻¹ de P no solo não apresentaram flores ou frutos; já para o tratamento em que se utilizou 64 mg kg⁻¹ de P no solo, o início do florescimento antecedeu ao das plantas cultivadas com 16 mg kg⁻¹ de P no solo. A razão de área foliar e a área foliar específica foram maiores para as plantas cultivadas sob deficiência, enquanto a taxa de crescimento relativo e a taxa assimilatória líquida não foram estatisticamente influenciadas. Conclui-se que a deficiência de P no solo pode comprometer sobremaneira o crescimento das plantas de *Physalis*. Além disso, como a deficiência de P reduziu sensivelmente a produção de folhas, órgão responsável pela produção da fisalina, também é possível concluir que a deficiência de P pode, mesmo que indiretamente, reduzir a concentração desse importante composto na planta.

Palavras-chave: *Physalis angulata*, taxa de crescimento, produção de massa seca, adubação fosfatada.

ABSTRACT: Influence of phosphorus fertilization over the growth of the camapu (*Physalis angulata* L.). The specie *Physalis angulata* L., who belongs to the Solanaceae family, has stand out as an extremely promising plant in terms of medical use, due to the production of the physalin compound. However, important aspects of its production still remain unknown. Thus the objective of this work was to assess the influence of phosphorus for the growth of these species. The experiment was performed with three doses of P (8, 16 e 64 mg kg⁻¹ de P), in a completely randomized experimental design. Two harvests were performed: at 30 and 42 days after planting. The deficiency of P reduced the number of leaves and leaf area. The total dry matter (DM), as well as a MS from all parts of the plant, was significantly higher for plants grown under the highest levels of phosphorus. Plants grown with 8 mg P kg⁻¹ showed no flowers or fruit; but, for the treatment which used 64 mg of P kg⁻¹ the beginning of flowering happened before than with the plants grown with 16mg. The ratio of the leaf area and the specific leaf area were higher for plants grown under stress, while the values of the relative growth rate and the net assimilatory rate were not statistically influenced. We conclude that the deficiency of P in soil may considerably affect the growth of *Physalis* plants. Moreover, since the deficiency of P significantly reduced the leaf production, which is responsible for creating the physalin, it is also possible to conclude that P deficiency may, even indirectly, reduce the concentration of this important compound in the plant.

Keywords: *Physalis angulata*, rate growth, dry matter production, phosphorus fertilization

INTRODUÇÃO

A baixa disponibilidade de nutrientes tem sido um dos principais fatores a limitar o crescimento das plantas nas regiões tropicais. Entre os nutrientes, o fósforo (P) é um dos que tem merecido maior preocupação, em razão da sua baixa disponibilidade natural na grande maioria dos solos brasileiros (Mendes, 2012). Daí a importância de se desenvolver estudos visando estabelecer o efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento das plantas.

De forma geral, o menor crescimento das plantas cultivadas sob deficiência de P pode ser devido ao efeito direto desse nutriente sobre a taxa fotossintética líquida, visto ser o fósforo fundamental para que esse processo ocorra (Henry et al. 2012). Indiretamente, a deficiência de P também reduz a fotossíntese por afetar negativamente o número e tamanho das folhas, reduzindo, dessa forma, a área foliar necessária a uma maior captação da radiação fotossinteticamente ativa (Ripley et al. 2004).

A análise de crescimento é um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo entre duas amostras sucessivas (Magalhães, 1979). Ela varia em função da nutrição, entre outros fatores, e sua importância reside no fato de que pode possibilitar a identificação de quais características das plantas estão associadas às suas adaptações, as quais podem determinar sua habilidade competitiva e sua tolerância a estresse (Santiago et al. 2012). Daí a necessidade do conhecimento das respostas morfológicas das espécies ao ambiente, para entendimento de adaptações das plantas às práticas de manejo a serem adotadas (Brouillette & Donovan, 2011). Dentre os componentes da análise de crescimento destaca-se a taxa de crescimento relativo (TCR). A análise dos componentes da TCR tem evidenciado que a nutrição fosfatada pode favorecer o crescimento por aumentar a área foliar por unidade de massa total (RAF, razão de área foliar), o qual contribui para aumentar a capacidade da planta na assimilação de CO₂ (Grimoldi et al. 2005). Além disso, o crescimento também pode ser favorecido pelo aumento do componente fisiológico da taxa de crescimento, a TAL (taxa assimilatória líquida). Revisão de alguns trabalhos tem colocado a RAF como sendo mais importante do que a TAL na determinação do crescimento das plantas sob condições de deficiência mineral (Poorter & Nagel, 2000), muito embora alguns resultados não tenham apresentado essa mesma conclusão inversa (Groot et al. 2001). A deficiência de fósforo, além de reduzir o crescimento, também pode afetar a partição de assimilados entre as diferentes partes da planta, ocasionando, via de regra, um aumento na relação entre a massa seca das raízes e a massa seca da

parte aérea (Hernandez et al. 2007).

Physalis angulata L., conhecida como camapu, joá-de-capote, saco-de-bode, bucho-de-rã e mata-fome, pode ser encontrada em todas as regiões do Brasil (Corrêa, 1984) e apresenta bom potencial farmacológico, visto que a fisalina, composto por ela produzido, pode ser utilizado na prevenção e, ou, na cura de diversas doenças tais como a malária, asma, hepatite, dermatite e reumatismo (Adams et al. 2009). Além disso, tem ação como anti-cancerígenas, anti-micobacterianas, antipirética, imuno-modulatória e diurética (Soares et al. 2006; Castro et al. 2008).

A maior parte dos frutos encontrados nos supermercados brasileiros advém da Colômbia, visto que a produção comercial no Brasil ainda é incipiente. Assim, pôr ser uma planta quase sem exploração econômica no mundo, vários aspectos do sistema de produção são desconhecidos. Nesse sentido, o conhecimento de características associadas à variação da taxa de crescimento pode ajudar a conhecer os mecanismos de adaptação de uma determinada espécie a uma condição específica de ambiente como, por exemplo, a deficiência de fósforo (Louw-Gaume et al. 2010). Assim, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a influência desse nutriente sobre o acúmulo de massa seca e as relações de crescimento de *Physalis angulata*, uma espécie com grande potencial para uso como planta medicinal.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi desenvolvido em casa de vegetação da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, localizada no município de Cruz das Almas, BA. As sementes para o plantio foram fornecidas pela Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana, BA. Para o plantio foi utilizado um Latossolo Amarelo de textura média, da unidade de paisagem tabuleiros costeiros, coletado na camada de 0-20 cm de profundidade e que apresentou as seguintes características químicas: pH (em água) = 4,8; P = 4,3 mg dm⁻³; Ca = 0,0; Mg = 0,7 cmol_c dm⁻³; K = 0,03 cmol_c dm⁻³; H + Al = 2,42 cmol_c dm⁻³; S = 0,20 cmol_c dm⁻³; CTC = 2,62 cmol_c dm⁻³; matéria orgânica = 21,6 g kg⁻¹; V (%) = 20. A Análise granulométrica revelou a seguinte composição: areias fina + grossa = 600 g kg⁻¹; silte = 160 g kg⁻¹; argila = 240 g kg⁻¹. A capacidade de campo foi de 18,33%. Foram utilizados 2 kg de solo (terra fina seca ao ar) em cada vaso e aplicou-se calcário dolomítico finamente moído com PRNT = 90% (100% passando na peneira de 0,25mm) em quantidade necessária para elevar a saturação por bases a 75%. Após um período de 10 dias, com

umidade em torno de 80% da capacidade de campo, foram aplicados, em todo o solo, os tratamentos, que consistiram nas doses 8; 16 e 64 mg kg⁻¹ de P, correspondendo, respectivamente, a 36,7; 73,3 e 293,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Como fonte de fósforo utilizou-se o superfosfato triplo em pó. Após um período de incubação por 30 dias, a análise do solo revelou que os níveis de P, para os três tratamentos, foram: 8; 15 e 63 mg kg⁻¹ de P; ou seja, muito próximo dos níveis de P que se desejava. Quanto ao Cálcio seus níveis não variaram significativamente entre tratamentos (1,3; 1,4 e 1,3 cmol_c dm⁻³, respectivamente, para os tratamentos 8; 16 e 64 mg kg⁻¹ de P aplicados ao solo).

Foram distribuídas 15 sementes por vaso, a uma profundidade de 0,5 cm. Diariamente, e durante todo o desenvolvimento do trabalho, foram realizadas irrigações como de forma a manter a umidade do solo em torno de 80-85% da capacidade de campo, conforme metodologia descrita por Figuerôa et al. (2004). Oito dias após a semeadura realizou-se o desbaste do excesso de plantas, deixando-se no vaso apenas as duas plantas que apresentavam melhor vigor. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e cada tratamento foi repetido dez vezes (cada vaso com duas plantas foi considerado uma repetição). Logo após o desbaste foram marcados seis vasos de cada tratamento, para que as doze plantas ali contidas fossem utilizadas no cálculo de alguns parâmetros da análise de crescimento. Durante o desenvolvimento do experimento foram realizadas duas adubações em cobertura, aos 10 dias e 31 dias após o plantio (DAP), com sulfato de potássio e nitrato de amônio, que totalizaram, em mg kg⁻¹ de solo, 140 de N, 90 de K₂O e 63 de S. Doze dias após a semeadura foi realizada uma adubação em cobertura com micronutrientes, na seguinte concentração, em mg kg⁻¹ de solo: Fe = 2; Zn = 2; Cu = 1,5; B = 0,7; Mn, = 2 e Mo = 0,1.

Trinta dias após o plantio foram tomados discos foliares, utilizando-se um vazador com área de 2,2 cm², de seis das doze plantas previamente marcadas (três vasos com duas plantas cada). Os discos foliares foram retirados da porção apical, mediana e basal do limbo foliar. Posteriormente, e nessas mesmas plantas, mediou-se a altura e contou-se o número de folha. Em seguida, as mesmas seis plantas foram separadas em folhas, caule + pecíolo e raízes, os quais, juntamente com os discos foliares, foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 70 °C até atingir massa constante. Esses dados foram considerados como sendo a primeira colheita. Quarenta e dois dias após o plantio o experimento foi encerrado e as mesmas avaliações, realizadas nas seis plantas anteriores (primeira colheita), também foram repetidas nas

outras seis plantas marcadas e nas oito não marcadas (segunda colheita). Adicionalmente, contou-se o número de flores das 14 plantas da segunda colheita. Com os dados dos discos foliares (área e massa seca) e a massa seca total das folhas foram calculadas, para a primeira e segunda colheitas, as áreas foliares totais de cada planta, conforme método descrito por Pereira & Machado (1987). Com os dados de massa seca e área foliar das doze plantas marcadas (seis na primeira e seis na segunda colheita) foram estimadas a taxa absoluta de crescimento (TCA), a taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento relativo (TCR) pelas seguintes fórmulas:

$$TCA = (MS \text{ final} - MS \text{ inicial})/12$$

$$TAL = [(MS \text{ final} - MS \text{ inicial})/12] \times [(\ln AF \text{ final} - \ln AF \text{ inicial}) / (AF \text{ final} - AF \text{ inicial})]$$

$$TCR = (\ln MS \text{ final} - \ln MS \text{ inicial})/12, \text{ onde:}$$

MS = massa seca, *ln* = logaritmo neperiano e AF área foliar.

Ainda com os dados de todas as plantas da segunda colheita (catorze plantas) foram estimadas a razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e a relação raiz/parte aérea, seguindo método descrito por Cruz et al. (2004). À exceção dos dados de altura, apresentados como a média das duas plantas de cada vaso, todas as outras variáveis foram representadas pelo somatório dessas duas plantas. Os dados de TCA, TAL e TCR foram avaliados como sendo três repetições (três vasos nas primeira e segunda colheitas), enquanto para os outros parâmetros o número de repetições foi igual a sete (segunda colheita). Foram testados os modelos lineares para as doses de P, por meio de análises de regressão. Entretanto, também optou-se por submeter os dados ao teste de média, usando Tukey em nível de 5%.

Resultados e discussão

A adubação fosfatada induziu aumento no número de folhas das plantas de *P. angulata*, que passou de 26,3 folhas obtidas na dose 8 mg kg⁻¹ de P, para 80,17 folhas obtidas no tratamento em que se utilizou 64 mg kg⁻¹ de P, caracterizando um aumento de 204% (Tabela 1). Aumento semelhante (201%) foi obtido para a área foliar, cujos valores variaram de 436,4 cm² a 1.313,9 cm². A expressiva redução da área foliar das plantas cultivadas sob deficiência de P tem sido apontada como um dos principais responsáveis pela redução no crescimento vegetal (Trindade et al., 2010), em função da redução da superfície responsável pela captação do CO₂.

A altura das plantas foi menos influenciada pelo aumento da disponibilidade de P, visto que plantas cultivadas com 8 mg kg⁻¹ de P apresentaram

TABELA 1. Efeito do fósforo sobre o número de folhas, área foliar, altura, massas secas das folhas, do caule e da raiz e da relação raiz:parte aérea de plantas de *Physalis angulata* L., colhidas aos 42 dias após o plantio.

Níveis de P (mg kg ⁻¹)	Número de folhas	Área foliar (cm ²)	Altura (cm)	Massa Seca (g)			Relação raiz:parte aérea
				Folhas	Caule	Raiz	
8	26,3 C*	436,4 C	20,2 B	0,80 C	0,43 C	0,51 B	0,39 A
16	49,3 B	864,5 B	25,8 A	1,55 B	1,11 B	1,49 AB	0,57 A
64	80,17 A	1313,9 A	27,9A	2,79 A	2,01 A	2,35 A	0,50 A
Linear	0,91*	0,88*	0,64*	0,94*	0,91*	0,83*	0,06 ^{NS}

* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Modelo linear testado para as doses de P, com seus respectivos coeficiente de determinação (R²) e significância a 5% (*) ou não significativo (^{NS}). A relação raiz:parte aérea também não se ajustou ao modelo quadrático.

altura de 20,25 cm, enquanto as cultivadas com 64 mg de P, que não diferiram estatisticamente daquelas submetidas a 16 mg kg⁻¹ de P, obtiveram altura de 27,9 cm (Tabela 1). Esses valores representam um aumento de apenas 38%, e são bem inferiores aos valores apresentados pelo número de folhas e área foliar.

A matéria seca das folhas, do caule e das raízes também foi sensivelmente incrementada pela maior disponibilidade de fósforo no meio de cultivo (Tabela 1). Das três variáveis, a MS das folhas foi a que apresentou menor aumento, com 248%, enquanto o caule e as raízes apresentaram, respectivamente, incrementos de 365 e 363%. Desde que a deficiência de P reduziu sensivelmente a produção de folhas, órgãos responsáveis pela produção da fisalina, também é possível concluir que a deficiência de P pode, mesmo que indiretamente, reduzir a produção total desse importante composto na planta.

A relação raiz:parte aérea, não se ajustou nem ao modelo linear e nem ao quadrático (Tabela 1.). A avaliação realizada aos 42 dias não revelou ter havido diferenças entre os tratamentos para a variável relação raiz:parte aérea; esse é um resultado pouco observado, visto que na maioria das vezes plantas cultivadas sob deficiência de P tendem a particionar mais assimilados para as raízes, como forma de explorar, de forma mais eficiente, o pouco fósforo disponível (Vance et al. 2003; Bayuelo-Jiménez et al. 2011). No entanto,

resultados apresentados por Cruz et al. (2008) mostram que quando plantas de *P. angulata* foram colhidas 30 dias após o plantio a relação raiz:parte aérea das plantas cultivadas sob deficiência de P foi de 0,70, enquanto das plantas cultivadas com boa disponibilidade de P o valor foi de apenas 0,35. Isso pode significar que para *P. angulata* o ajuste no particionamento da massa seca entre a raiz e a parte aérea pode ocorrer na fase inicial do crescimento. Esse ajuste inicial, com maior alocação de fotoassimilados para raízes, pode permitir exploração de um maior volume de solo e absorver maiores quantidades do nutriente que eventualmente se encontra com baixos níveis no substrato. A redução da relação raiz:parte aérea, observada aos 42 dias para as plantas cultivadas sob deficiência de P, pode significar que essas plantas, uma vez satisfeitas as necessidades iniciais de um maior crescimento radicular e maior absorção do recurso limitante, passaram a direcionar mais as suas atividades para a formação de folhas com vistas a maior fixação de CO₂ e melhorar sua taxa de crescimento.

Para as características números de flores e de frutos, obteve-se relação linear com as doses de P aplicadas (Tabela 2). No entanto, plantas cultivadas no tratamento com 8 mg kg⁻¹ de P não apresentaram flores ou frutos. Nas plantas do tratamento com 16 mg kg⁻¹ de P os números de flores e frutos foram, respectivamente, 15 e 3. Esses valores foram inferiores aos dos tratamentos

TABELA 2. Efeito do fósforo sobre os números de flores e de frutos e sobre as massas secas das flores, dos frutos e total de plantas de *Physalis angulata* L., colhidas aos 42 dias após o plantio.

Níveis de P (mg kg ⁻¹)	Número de flores	Número de frutos	Massa Seca (g)		
			Flores	Frutos	Total
8	0 C	0 C	0 C	0 B	1,72 C
16	15,5 B	3,33 B	0,04 B	0,03B	4,22 B
64	36,2 A	14,3 A	0,11 A	0,33 A	7,58 A
Linear	0,91*	0,99*	0,93*	0,99*	0,91*

* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Modelo linear testado para as doses de P, com seus respectivos coeficiente de determinação (R²) e significância a 5% (*).

com 64 mg kg⁻¹ de P que apresentaram 36 flores e 14,3 frutos. Como consequência desses resultados, observou-se que o acúmulo de massa seca nesses órgãos foi maior para o tratamento com boa disponibilidade de P (Tabela 2). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que as plantas do tratamento 64 mg kg⁻¹ de P floresceram mais precocemente do que as cultivadas com 16 mg kg⁻¹ de P, evidenciando que a deficiência de P, ainda que moderada, também concorre para atrasar o início da floração e da frutificação de *P. angulata*. A lógica é que a formação e manutenção de flores e frutos são processos de alto gasto energético e necessitam da síntese de substâncias (proteínas e hormônios) que demandam nutrientes como o P (Sardans et al., 2005), que é requerido para formação da principal molécula energética dos vegetais. Assim, sob condições de baixa disponibilidade de P os produtos fotossintéticos são alocados mais para a formação de órgãos somáticos e menos para a formação de órgãos reprodutivos (Wika & Gales, 2000).

Como consequência do aumento da MS de todas as partes da planta, a MS total foi significativamente maior para as plantas cultivadas sob as mais altas doses de fósforo (Tabela 2). Sob deficiência (8 mg kg⁻¹ de P) o valor foi de apenas 1,72 g de MS, enquanto para a maior dose utilizada (64 mg kg⁻¹ de P) esse valor foi de 7,58 g. O fato das plantas de *P. angulata* exigirem doses superiores a 64 mg kg⁻¹ de P (equivalente a 293,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅), para acúmulo máximo de matéria seca, revela a importância desse nutriente para os processos fisiológicos dessa espécie. Esse fato é ressaltado pela relação linear positiva obtida entre o P aplicado e o acúmulo de matéria seca (Tabela 2).

A RAF foi maior para as plantas cultivadas sob deficiência de P (Tabela 3) parecendo indicar maior capacidade relativa dessas plantas para a realização do processo fotossintético. Contudo, esse resultado pode ser consequência do efeito negativo da menor disponibilidade de P sobre o início da floração e não de uma estratégia adaptativa das plantas cultivadas sob deficiência de P. Isso

porque, após o início do florescimento, as plantas de *P. angulata* podem ter reduzido a emissão de novas folhas e, ou, reduzido o crescimento das folhas existentes, levando a uma redução da RAF. De fato, tem sido evidenciado que as plantas em pleno florescimento tendem a direcionar parte significativa dos fotoassimilados produzidos para a formação, crescimento e amadurecimento dos órgãos reprodutivos, restringindo, substancialmente, o crescimento de suas folhas e raízes (Kurdali, 1996). Atraso no florescimento, em função da baixa disponibilidade de P no solo, é uma resposta normal das plantas e está relacionado com uma estratégia adaptativa para permitir maior período de aquisição e utilização do P disponível (Nord et al., 2011; Nord & Lynch, 2008).

A área foliar específica, AFE também foi maior para as plantas cultivadas sob deficiência de P (Tabela 3). Para algumas situações, uma maior AFE tem sido associada à redução relativa do mesófilo foliar, devido ao menor número e, ou, tamanho de suas células (Gardner et al., 1994) e à redução dos componentes protéicos tilacoidais e da *Rubisco* (Zhang et al., 1997), os quais tendem a reduzir a atividade fotossintética das plantas. Esse aspecto pode ter contribuído para prejudicar o acúmulo de massa seca das plantas crescidas sob deficiência de P.

A taxa de crescimento absoluto das plantas no tratamento em que se aplicou 64 mg kg⁻¹ de P foi de 0,47 g dia⁻¹, valor maior do que o das plantas cultivadas sob maior deficiência do nutriente, que alcançou apenas 0,10 g dia⁻¹ (Tabela 3). No entanto, não se verificou diferenças significativas entre os tratamentos para a TCR e TAL, apesar das plantas cultivadas com 64 mg kg⁻¹ de P ter apresentado um valor de TAL 20% maior do que ao das plantas no tratamento com 8 mg kg⁻¹ de P (Tabela 3). Desde que TCR é o produto da RAF pela TAL, é possível afirmar que a maior RAF, obtida sob deficiência de P, foi determinante para que as plantas desse tratamento apresentassem TCR semelhante ao das plantas cultivadas com maiores aplicações de P.

TABELA 3. Efeito do fósforo sobre a razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e sobre as taxas de crescimento absoluto (TCA), crescimento relativo (TCR) e assimilatória líquida (TAL) de plantas de *Physalis angulata* L., colhidas aos 42 dias após o plantio.

Níveis de P (mg kg ⁻¹)	RAF cm ² g ⁻¹	AFE cm ² g ⁻¹	TCA g dia ⁻¹	TCR g g ⁻¹ dia ⁻¹	TAL g m ⁻² dia ⁻¹
8	284,1 A	604,1 A	0,10 C	0,13 A	4,20 A
16	208,5 B	558,1 A	0,25 B	0,12 A	4,98 A
64	175,4 B	471,5 B	0,47 A	0,12 A	5,05 A
Linear	0,66*	0,95*	0,92*	0,37 ^{NS}	0,44*

* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Modelo linear testado para as doses de P, com seus respectivos coeficiente de determinação (R²) e significância a 5% (*) ou não significativo (^{NS}). A TCR também não se ajustou ao modelo quadrático.

Vale destacar que os valores máximos de TAL ($5,0 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e TCR ($0,13 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) encontrados para as plantas de *P. angulata*, estão abaixo do que normalmente tem sido reportado na literatura para plantas herbáceas, que podem chegar, respectivamente, a $42 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $0,26 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (Shipley, 2002). No entanto, ressalta-se que as plantas de *P. angulata* nos tratamentos correspondentes a 16 e 64 mg kg^{-1} de P já se encontravam em floração e frutificação quando foi realizada a segunda colheita, o que certamente concorreu para a redução da TAL e da TCR. Isso porque, como consequência do início do processo reprodutivo, o menor crescimento das partes que contribuem para a produção, como as folhas e raízes, pode também contribuir para redução das taxas de crescimento das plantas. Houle (2002) também observou que plantas que floresceram mais tardiamente apresentaram maior TCR e maior biomassa vegetativa do que as plantas que já se encontravam na fase reprodutiva. Em adição, a redução da TCR das plantas que apresentaram maior crescimento também pode ter sido consequência de seu maior gasto com a manutenção das estruturas (maior respiração de manutenção) e ao maior auto sombreamento (Lambers et al., 2008).

CONCLUSÕES

A menor disponibilidade de P no solo reduz a produção de massa seca de todas as partes das plantas de *P. angulata*.

A RAF e a AFE são maiores para plantas cultivadas sob deficiência, enquanto a TAL, TCR e relação raiz:parte aérea não são influenciadas pelas doses de P.

A deficiência de fósforo impede a floração e frutificação das plantas de *Physalis*, as quais apenas ocorrem quando o solo apresenta concentrações superiores a 16 mg kg^{-1} de P.

REFERENCIAS

ADAMS, M. et al. Medicinal herbs for the treatment of rheumatic disorders - A survey of European herbals from the 16th and 17th century. **Journal of Ethnopharmacology**, v.121, n.2, p.343-359, 2009.

BAYUELO-JIMÉNEZ, J.S. et al. Genotypic variation for root traits of maize (*Zea mays* L.) from the Purhepecha Plateau under contrasting phosphorus availability. **Field Crops Research**, v.121, n.3, p.350-362, 2011.

BROUILLETTE, L.C.; DONOVAN, L.A. Relative growth rate and functional traits of a hybrid species reflect adaptation to a low-fertility habitat. **International Journal of Plant Sciences**, v.172, n.4, p.509-520, 2011.

CASTRO D.P. et al. Immune depression in *Rhodnius prolixus* by seco-steroids, physalins. **Journal of Insect**

Physiology, v.54, n.3, p.555-562, 2008.

CORRÊA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Ministério da Agricultura. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Rio de Janeiro, vol.II, Imprensa Nacional, 1984, 707p.

CRUZ, J.L. et al. Crescimento e partição de matéria seca e de carbono no mamoeiro em resposta à nutrição nitrogenada. **Bragantia**, v.63, n.3, p.351-361, 2004.

CRUZ, J.L. et al. Alteração da relação raiz:parte aérea de plantas de *Physalis* cultivadas sob variada disponibilidade de fósforo. In: Resumos do XLIX CONGRESSO BRASILEIRO DE BOTÂNICA, 2008, Natal, **Anais**. Natal: Sociedade Brasileira de Botânica, 2008, p.87.

FIGUEIRÔA, J.M.D. et al. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasileira**, v.18, n.3, p.573-580, 2004.

GARDNER, J.C. et al. Nitrogen use efficiency among diverse sorghum cultivars. **Crop Science**, v.34, n.3, p.728-733, 1994.

GRIMOLDI, A.A. et al. Phosphorus nutrition mediated effects of arbuscular mycorrhiza on leaf morphology and carbon allocation in perennial ryegrass. **New Phytologist**, v.168, n.2, p.435-444, 2005.

GROOT, C.C. de. et al. Growth and dry-mass partitioning in tomato as affected by phosphorus nutrition and light. **Plant Cell and Environment**, v.24, n.12, p.1309-1317, 2001.

HENRY, A. et al. Responses to low phosphorus in high and low foliar anthocyanin coleus (*Solenostemon scutellarioides*) and maize (*Zea mays*). **Functional Plant Biology**, v.39, n.3, p.255-265, 2012.

HERNANDEZ, G. et al. Phosphorus stress in common bean: root transcript and metabolic responses. **Plant Physiology**, v.144, n.2, p.752-767, 2007.

HOULE, G. The advantage of early flowering in the spring ephemeral annual plant *Floerkea proserpinacoides*. **New Phytologist**, v.154, n.3, p.689-694, 2002.

KURDALI, F. Nitrogen and phosphorus assimilation, mobilization and partitioning in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Field Crops Research**, v.47, n.2-3, p.81-92, 1996.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology**, 2nd Ed. New York: Springer Verlag, 2008.

LOUW-GAUME, A.E. et al. Comparative study on plant growth and root plasticity responses of two *Brachiaria* forage grasses grown in nutrient solution at low and high phosphorus supply. **Plant and Soil**, v.328, n.1-2, p.155-164, 2010.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU. Universidade de São Paulo, 1979, p.331-350.

MENDES, F.F. Controle genético da eficiência no uso de fósforo em milho tropical. Lavras: UFLA, 2012. 134p.

NORD, E.A. et al. Optimizing reproductive phenology in a two-resource world: a dynamic allocation model of plant growth predicts later reproduction in phosphorus-limited plants. **Annals of botany**, v.108, n.2, p.391-404, 2011.

NORD, E.; LYNCH, J. Delayed reproduction in *Arabidopsis thaliana* improves fitness in soil with suboptimal phosphorus availability. **Plant, Cell & Environment**,

- v.31, p.1432-1441, 2008.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas: IAC, 1987. 33 p. (IAC. Boletim Técnico, 114).
- POORTER, H.; NAGEL, O. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.27, n.6, p.595–607, 2000.
- RIPLEY, B.S. et al. Quantification of the photosynthetic performance of phosphorus-deficient *Sorghum* by means of chlorophyll-a fluorescence kinetics. **South African Journal of Science**, v.100, n.11, p.615-618, 2004.
- SANTIAGO, L.S. et al. Tropical tree seedling growth responses to nitrogen, phosphorus and potassium addition. **Journal of Ecology**, v.100, n.2, p.309-316, 2012.
- SARDANS, J. et al. Effects of water and a nutrient pulse supply on *Rosmarinus officinalis* growth, nutrient content and flowering in the field. **Environmental and Experimental Botany**, v.53, n.1, p.1-11, 2005.
- SHIPLEY, B. Trade-offs between net assimilation rate and specific leaf area in determining relative growth rate: the relationship with daily irradiance. **Functional Ecology**, v.16, n.5, p.682–689, 2002.
- SOARES, M.B. et al. Physalins B, F and G, seco-steroids purified from *Physalis angulata* L. inhibit lymphocyte function and allogeneic transplant rejection. **International Immunopharmacology**, v.6, n.3, p.408–414, 2006.
- TRINDADE, R.S. et al. Leaf area of common bean genotypes during early pod filling as related to plant adaptation to limited phosphorus supply. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, p.115-124, 2010.
- VANCE, C.P. et al. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, v.157, n.3, p.423-477, 2003.
- WYKA, T.; GALEN, C. Current and future costs of reproduction in *Oxytropis sericea*, a perennial plant from the Colorado Rocky Mountains, USA. **Artic, Antarctic and Alpine Research**, v.32, n.4, p.438–448, 2000.
- ZHANG, S. et al. Acclimation of loblolly pine (*Pinus taeda*) foliage to light intensity as related to leaf nitrogen availability. **Canadian Journal of Forest Research**, v.27, n.7, p.1032-1040, 1997.