

Características fisiológicas, nutricionais e de crescimento de porta-enxertos de pessegueiro submetidos a diferentes fontes e doses de fertilizantesRenata Diane Menegatti¹, Valmor João Bianchi¹¹Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, BrasilE-mail autor correspondente: renata.d.menegatti@gmail.com

Artigo enviado em 18/04/2019, aceito em 15/10/2019.

Resumo: Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de fertilizantes nas características fisiológicas, no estado nutricional e crescimento de porta-enxertos de pessegueiro [*Prunus Persica* L. (Batsch)] cultivar Capdeboscq. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3, com quatro repetições de 4 plantas por repetição. Os tratamentos constituíram-se da combinação de duas fontes de nutrientes (Fertilizante de liberação controlada e de pronta disponibilidade) e três doses do fertilizante (0, 4 e 8 g L⁻¹). Aos 70 dias após o transplântio avaliou-se a concentração interna de CO₂, transpiração, condutância estomática, taxa de assimilação de CO₂, açúcares solúveis totais, índice de clorofila, índice de balanço de nitrogênio, altura, diâmetro do colo e massa seca total de plantas. O emprego do fertilizante de liberação controlada permitiu superioridade nas características fisiológicas, de estado nutricional e no crescimento em uma dose inferior (4 g L⁻¹) quando comparado ao fertilizante de pronta disponibilidade (8 g L⁻¹), exceto para a variável diâmetro de colo onde não foi encontrada diferença significativa entre estas duas doses dentro de cada fonte. Desta forma, sugere-se a incorporação da dose de 4 g L⁻¹ de fertilizante de liberação controlada ao substrato comercial de modo a garantir melhor aproveitamento do insumo para a promoção do desenvolvimento inicial de porta-enxertos de pessegueiro da cv. 'Capdeboscq' com adequado estado nutricional.

Palavras-chave: nutrição de plantas, produção de mudas, *Prunus persica*, NPK.

Physiological, nutritional and growth characteristics of peach rootstocks submitted to different sources and doses of fertilizer

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effects of different sources and doses of fertilizer on the physiological characteristics, nutritional status and growth of peach rootstocks [*Prunus persica* L. (Batsch)] cultivar Capdeboscq. The experimental design was completely randomized, in a 2 x 3 factorial scheme, with four replications and four plants per plot. The treatments included a combination of two nutrient sources (controlled release fertilizer and of immediate availability) and three doses of the fertilizer (0, 4 and 8 g L⁻¹). Seventy days after transplanting, the internal CO₂ concentration, transpiration, stomatal conductance, CO₂ assimilation rate, total soluble sugars, chlorophyll index, nitrogen balance index, plant height, trunk diameter and total dry mass per plant were evaluated. The use of the controlled release fertilizer showed superiority in the physiological, nutritional status and growth in lower regards to the dose (4 g L⁻¹) when compared to the ready-to-use fertilizer (8 g L⁻¹). However, in regards

to trunk diameter, there was no significant difference found between these two doses within each source. Thus, we suggest to incorporate the 4 g L⁻¹ dose of controlled release fertilizer into the commercial substrate. Moreover, this will guarantee better utilization of the input for the promotion of the initial development of peach rootstock of cv. 'Capdeboscq' with adequate nutritional status.

Keywords: plant nutrition, seedlings production, *Prunus persica*, NPK.

Introdução

Para garantir um bom desempenho e o avanço do setor persícola, na região Sul do Brasil, faz-se necessário o aperfeiçoamento das práticas de manejo empregadas não só nos pomares, mas também na produção de porta-enxertos e de mudas enxertadas de pessegueiro, com o objetivo de reduzir os altos custos produtivos, gerados pelo longo período necessário para que as mudas atinjam os padrões mínimos de comercialização (MAYER e ANTUNES, 2010; FACHINELLO et al., 2011; MAYER et al., 2017; BIANCHI et al., 2014). O sistema tradicional de produção de mudas de frutíferas de caroço no Rio Grande do Sul é realizado predominantemente a campo (BIANCHI et al., 2014; FISCHER et al., 2016) e desta forma as plantas tem seu crescimento fortemente influenciado pelas condições ambientais, prolongando o período para que os porta-enxertos alcancem o ponto de enxertia, que atualmente é de aproximadamente 240 dias (FISCHER et al., 2016).

Diferentemente do Sul do país, a região Sudeste tem adotado novas tecnologias para a produção de mudas de pessegueiro, como o emprego de ambiente protegido, recipientes de diferentes dimensões e substratos comerciais, visando à obtenção de mudas de qualidade em um menor espaço de tempo (FACHINELLO et al., 2011; RASEIRA et al., 2014; TOMAZ et al., 2014). Nesta mesma região o aperfeiçoamento das técnicas de produção de mudas de pessegueiro tem resultado na

precocidade produtiva, em especial com o uso em larga escala do porta-enxerto da cv. 'Okinawa', principalmente pela sua resistência aos fitonematoides causadores de galhas e a excelente adaptação climática em regiões de baixo acúmulo de frio hibernal (REIS et al., 2010; RASEIRA et al., 2014; SCHMITZ et al., 2014).

Entretanto, no Rio Grande do Sul a cv. 'Capdeboscq', antiga cultivar de indústria, tem sido utilizada por longa data como porta-enxerto, devido à facilidade de obtenção de caroços nas indústrias de conserva da região e ao alto potencial germinativo e superioridade no vigor das plântulas, propiciada pela maturação tardia das frutas (MAYER et al., 2014; MAYER et al., 2017). Mesmo se tratando de uma antiga cultivar, devido a essas boas características, 'Capdeboscq' continua sendo utilizada por alguns viveiristas, porém não existem informações referentes ao manejo nutricional que subsidiem a recomendação correta de insumos produtivos (MAYER et al., 2015) para o desenvolvimento inicial de porta-enxertos com adequado estado nutricional.

Dentre os insumos, o substrato comercial é usualmente empregado em maiores proporções pelos viveiristas na produção de mudas de espécies frutíferas, o qual tem o papel de prover suporte às plantas e propiciar condições químicas e estruturais adequadas para o desenvolvimento inicial das raízes e da parte aérea (MOTA et al., 2018). Porém, a grande maioria dos substratos comerciais

possuem pequenas concentrações de nutrientes considerados essenciais as plantas, sendo estes rapidamente esgotados, portanto, havendo necessidade de complementação da fertilização das plantas ao longo da fase de produção da muda (NAVROSKI et al., 2016).

A produção de mudas em larga escala faz uso de fertilizantes de fontes prontamente disponíveis incorporados ao substrato. Estes favorecem a rápida absorção, principalmente logo após a aplicação, porém a lixiviação dos nutrientes ocorre com facilidade e, além disso, a eficiência desta técnica depende de várias aplicações, o que dispense de mão de obra extra e gera aumento no custo operacional (MUNIZ et al., 2013; NARVAEZ et al., 2013). Uma alternativa promissora para contornar este problema é a utilização de fertilizantes de liberação controlada (FLC) (AZEEM et al., 2014).

O FLC é um produto constituído por grânulos que contêm uma combinação homogênea de nutrientes, recoberta por uma resina orgânica que disponibiliza de forma gradativa os nutrientes, tornando-os disponíveis em estádios de maior demanda pela planta, evitando a perda por lixiviação, e dispensando aplicações parceladas de outras fontes, reduzindo assim os custos produtivos (AZEEM et al., 2014; WANG et al., 2016).

Quando incorporado ao substrato, o FLC atua como a principal fonte de nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas (MACHADO et al., 2011), principalmente daqueles exigidos em maiores quantidades, como por exemplo, o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K). Esses nutrientes estão envolvidos de forma direta ou indireta na síntese e composição das clorofilas, aminoácidos, proteínas e enzimas indispensáveis aos processos fotossintéticos (KUSANO et al., 2011), bem como, ao transporte de elétrons e ao

controle estomático (CARSTENSEN et al., 2018; HASANUZZAMAN et al., 2018). Quando esses nutrientes (NPK) são fornecidos em quantidade adequada podem garantir, junto aos micronutrientes, a manutenção dos principais processos metabólicos que promovem o crescimento das plantas com adequado estado nutricional.

Estudos que embasem a otimização das doses destes nutrientes, na produção de mudas de frutíferas de caroço visando o rápido crescimento das plantas, são imprescindíveis para evitar o desperdício de recursos, especialmente em sistema de produção utilizando sacolas plásticas e ambiente protegido. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes de nutrientes e doses de fertilizante sobre as características fisiológicas, de estado nutricional e de crescimento plantas de pessegueiro [*Prunus persica* L. (Batsch)] cultivar Capdeboscq, para uso como porta-enxertos.

Material e Métodos

Material experimental e delineamento estatístico

O experimento foi conduzido entre os meses de junho e agosto de 2017, nas dependências do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizada no município de Capão do Leão - RS. Frutos maduros de pessegueiro da cv. Capdeboscq foram colhidos em Janeiro de 2017, de plantas matrizes clonais mantidas na Coleção de Germoplasma de porta-enxertos de pessegueiro da UFPel.

Após a colheita dos frutos procedeu-se o manejo pós-colheita dos caroços conforme procedimento descrito por Picolotto et al. (2007), em seguida realizou-se o processo de estratificação das sementes conforme recomendado por Souza et al. (2017). Decorrido o período

de estratificação (35 dias a 7°C), as sementes foram semeadas em bandejas de poliestireno de 72 células (114 cm³ por célula) contendo como substrato uma mistura composta de solo do pomar + vermiculita + areia média + substrato comercial Plantmax® (1:1:1:1), a 1 cm de profundidade, e mantidas em casa de vegetação.

Quando os seedlings, denominados como plantas no decorrer deste manuscrito, atingiram o ponto de transplântio (15 cm de altura, entre a região do colo e o ápice), foram transplântadas para sacolas de plástico com capacidade de 1 litro, contendo substrato comercial Carolina Soil® (70% Turfa Sphagnum, 20% casca de arroz carbonizada, e 10% perlita), no qual foi incorporado previamente ao transplântio as diferentes fontes de nutrientes e doses de fertilizante a serem testadas.

Foram testadas duas fontes de nutrientes, sendo eles: o fertilizante de liberação controlada (FLC) e fertilizante de pronta disponibilidade (FPD). Nos tratamentos que receberam o FLC foram incorporados ao substrato doses crescentes (0; 4 e 8 g L⁻¹) do fertilizante Osmocote® (formulação NPK 14-14-14, com liberação de 3-4 meses). Já nos tratamentos com FPD foi utilizado produto comercial, nas mesmas dosagens do FLC.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3, duas fontes de nutrientes (FLC e FPD) e três doses do fertilizante (0; 4 e 8 g L⁻¹), com quatro repetições de quatro plantas por repetição.

Possíveis diferenças entre os tratamentos foram verificadas pela análise de variância dos dados (ANOVA). As variáveis que apresentaram diferenças significativas foram submetidas ao teste de comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A análise

dos dados foi realizada no pacote estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

Descrição das características avaliadas

Aos 70 dias após o transplântio, quando as plantas de um dos tratamentos antigiram o ponto de enxertia (5 mm de diâmetro a 10 cm do solo), as plantas de cada tratamento foram avaliadas quanto as características fisiológicas, de estado nutricional e de crescimento.

Características fisiológicas

As variáveis concentração interna de CO₂ (Ci) (μmol m⁻² s⁻¹), transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), condutância estomática (gs) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹) e taxa de assimilação de CO₂ (A) (μmol m⁻² s⁻¹) foram avaliadas no período entre de 09 h e 30 min às 12 h da manhã, na terceira folha, completamente expandida, contada a partir do ápice da planta, por meio do analisador de gás no infravermelho (IRGA, LI-6400XT, Licor). Após a coleta dos dados, foi quantificada a eficiência instantânea da carboxilação (EICi) (A/Ci) (SUASSUNA et al., 2014).

Características de estado nutricional

Concomitantemente à avaliação das características fisiológicas, o estado nutricional das plantas de cada tratamento foi aferido com o auxílio do clorofilômetro SPAD-502 (modelo Minolta Camera Co. Ltda), a partir dos índices de clorofila (ICHL) e de balanço de nitrogênio (IBN). As medições foram realizadas na quarta folha expandida a partir do ápice da planta, tendo-se realizadas três leituras, a partir das quais foi calculada a média. Posteriormente, a quarta folha totalmente expandida, determinada a partir do ápice de cada planta foi destacada e transportada para o laboratório em caixas de isopor contendo gelo, para posterior determinação do teor de açúcares

solúveis totais (AST). A determinação dos AST foi realizada por meio das reações com antrona (HODGE e HOFREITER, 1962), baseada na absorvância a 620nm.

Características de crescimento

As características de crescimento avaliadas foram: diâmetro de colo (DC) (mm), altura da planta (H) (cm), e massa seca total (MST) (g planta⁻¹). A altura do porta-enxerto foi medida com o auxílio de uma régua graduada, e o diâmetro, através de um paquímetro digital. Para a determinação individual da massa seca total, as plantas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C, por 72 horas, até massa constante.

Resultados e Discussão

Características fisiológicas

A análise de variância revelou efeito significativo ($p < 0,05$) para a interação entre os fatores fonte de nutrientes (F) e dose de fertilizante (D) para todas as características fisiológicas avaliadas, exceto para a concentração interna de CO₂ (Ci) e para a eficiência instantânea de carboxilação (EICi) (Tabela 1). Sendo assim, os resultados obtidos a partir das características de trocas gasosas avaliadas demonstram que a aplicação de diferentes combinações de F e D podem exercer influência direta sobre o comportamento fisiológico das plantas.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas taxa de assimilação de CO₂ (A, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (*gs*, mol de H₂O $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO₂ (Ci, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E, mmol de H₂O $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e Eficiência instantânea da carboxilação (EICi) de plantas de pessegueiro cultivar Capdeboscq, em função das fontes de variação: doses de fertilizante (D) e fonte de nutrientes (F) e suas interações. Pelotas, RS, 2017

| Fonte de Variação | GL | Quadrado médio | | | | |
|-------------------|----|--------------------|-----------|-----------------------|--------|--------------------|
| | | A | <i>gs</i> | Ci | E | EICi |
| Dose de NPK (D) | 1 | 137,64* | 0,09* | 1512,54* | 10,14* | 0,01* |
| Fonte de NPK (F) | 2 | 0,01 ^{ns} | 0,03* | 1148,17 ^{ns} | 8,71* | 0,02 ^{ns} |
| D x F | 2 | 5,18* | 0,08* | 651,54 ^{ns} | 5,71* | 0,01 ^{ns} |
| Resíduo | 15 | 0,99 | 0,01 | 248,2 | 0,17 | 0,03 |
| Média | | 9,46 | 0,21 | 280,91 | 2,72 | 0,04 |
| CV (%) | | 10,52 | 29,93 | 5,61 | 15,38 | 14,98 |

* significativo e ^{ns} não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. GL: graus de liberdade. CV: Coeficiente de variação.

Para as variáveis Ci e EICi houveram diferenças apenas para o fator dose de fertilizante. As plantas fertilizadas com a dose de 4 g L⁻¹ apresentaram valores de Ci e de EICi superiores aos demais tratamentos testados (Figura 1). Estes resultados reforçam a estreita relação entre as

variáveis Ci e EICi, sugerida por Brito et al. (2012), em que Ci por representar a disponibilidade de substrato (CO₂) para a fotossíntese promove maior atividade da enzima 1,5 Ribulose 1,5-Bisfosfato Carboxilase Oxigenase (Rubisco) resultando em maior EICi.

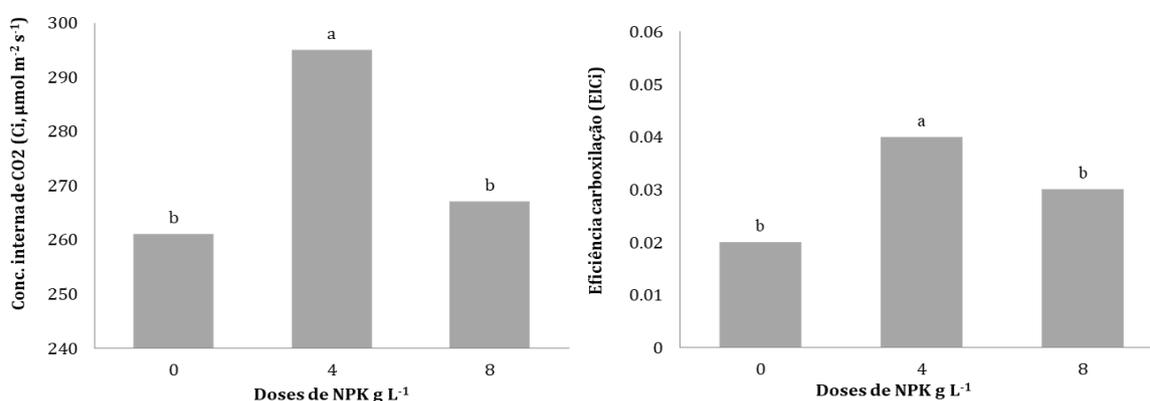


Figura 1. Valores médios de Concentração interna de CO₂ (Ci, μmol m⁻² s⁻¹) e de Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiCi) de plantas de pessegueiro cv. Capdeboscq, em função das doses de fertilizante (D). Pelotas, RS, 2017. ⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais entre as doses de fertilizante não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A EiCi pode ser compreendida como o nível de aproveitamento do carbono disponível na câmara subestomática para fixação de CO₂, sendo assim, os valores superiores de EiCi, em plantas fertilizadas com a dose de 4 g L⁻¹, podem ser resultado tanto da elevada Ci (fator considerado de ordem estomática), bem como da oferta adequada de nutrientes que participam da formação, manutenção e ativação de compostos relacionados à fotossíntese (fatores não estomáticos) (MARENCO et al., 2014; SILVA et al., 2014).

Dentre os nutrientes minerais, o Nitrogênio (N) tem sido considerado um dos principais limitantes da taxa assimilatória líquida de CO₂, característica fisiológica determinante ao crescimento vegetal. Possivelmente a dose de 4 g L⁻¹ proveu a quantidade ideal de N as plantas permitindo desempenho superior na EiCi, visto que, esse nutriente faz parte dos principais constituintes do sistema fotossintético, tais como as clorofilas e proteínas, dentre as quais a enzima Rubisco (catalisadora da redução fotossintética do CO₂) (BASSI et al., 2018). Por outro lado, dose de N superior a recomendada para a cultura pode ocasionar a redução dos índices fisiológicos Ci e EiCi, como obtido neste

estudo na maior dose testada (8 g L⁻¹). De acordo com Larcher (2006) esse fato se dá como consequência do aumento na atividade de oxigenase da enzima Rubisco em detrimento da carboxilase, estimulado pelo maior aporte de N, provocando menor taxa na assimilação de CO₂, e consequentemente inferioridade na EiCi.

De forma similar ao N, o fósforo (P) em doses adequadas à cultura, permite o funcionamento eficiente da cadeia de transporte de elétrons, e além disso, por compor a adenosina trifosfato (ATP) sustenta a produção adequada desta molécula para níveis ótimos de fixação de CO₂ (CARSTENSEN et al., 2018) promovendo assim alta EiCi. De acordo com Hasanuzzaman et al. (2018), o suprimento apropriado de potássio (K) auxilia no suporte de taxas superiores de Ci e EiCi das plantas, visto que este nutriente está diretamente relacionado ao controle de abertura e fechamento estomático e ao transporte de elétrons nos tilacóides.

Como mencionando anteriormente as altas taxas de Ci e EiCi relacionam-se também a fatores de ordem estomática, entre eles pode-se citar a condutância estomática (*gs*). Aumentos significativos na *gs* propiciam maiores trocas gasosas, ou seja, promovem a transpiração (E) e o

maior influxo de CO₂ no mesófilo foliar (C_i), possibilitando assim, altas taxas de assimilação de dióxido de carbono (A) e conseqüentemente maiores EIC_i (SUASSUNA et al., 2014). Neste sentido, no presente estudo respostas superiores

para as variáveis *gs*, A e E, considerando a maior média obtida para estes índices, foi alcançada quando empregado o como fonte de nutrientes o FLC na dose de 4 g L⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2. Médias para a interação entre doses de fertilizante (D) e fonte de nutrientes (F) para as variáveis fisiológicas: taxa de fotossíntese (A), condutância estomática (*gs*) e transpiração (E) de plantas de pessegueiro da cultivar Capdeboscq. Pelotas, RS, 2017

| Fonte de NPK (F) | Dose de NPK (D) | | |
|------------------|--|---------|---------|
| | 0 | 4 | 8 |
| | Condutância estomática (<i>gs</i> , mol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) | | |
| FLC | 0,08cA | 0,43aA | 0,22bA |
| FPD | 0,08bA | 0,14bB | 0,30aA |
| | Fotossíntese (A, μmol m ⁻² s ⁻¹) | | |
| FLC | 4,69cA | 12,90aA | 10,77bA |
| FPD | 4,69cA | 11,34bB | 12,42aA |
| | Transpiração (E, mmol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) | | |
| FLC | 1,43cA | 4,85aA | 3,70bA |
| FPD | 1,43bA | 1,71bB | 3,22aA |

(1) Médias seguidas de letras iguais, minúsculas entre as doses de fertilizante dentro de cada fonte de nutrientes e maiúsculas entre as fontes de nutrientes dentro de cada dose de fertilizante, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Salienta-se que o valor obtido para a taxa fotossintética, na dose e fonte considerada mais eficiente (4 g L⁻¹ de FLC) foi de aproximadamente 13 μmol m⁻² s⁻¹, sendo este valor considerado satisfatório tendo em vista que o pessegueiro é uma planta C3 e segundo Taiz e Zeiger (2017) plantas que apresentam este mecanismo devem exibir taxa fotossintética entre 10 e 20 μmol m⁻² s⁻¹.

O desdobramento da interação F x D para as três características fisiológicas (*gs*, A e E) permitiu comparar as D dentro de cada F, e como resultado, diferentemente das respostas obtidas para o FLC, o FPD promoveu respostas superiores para estas características nas plantas fertilizadas com a dose de 8 g L⁻¹. Considerando que o FPD é um produto que proporciona maiores perdas de nutrientes por lixiviação devido a sua constituição quando comparado ao FLC (MUNIZ et al., 2013; NARVAEZ et al.,

2013), supõe-se que doses superiores a dose considerada mais eficiente do FLC (4 g L⁻¹) são necessárias como uma recompensa ao conteúdo lixiviado, afim de suprir a demanda nutricional da planta e permitir a manutenção das atividades fisiológicas.

Ao comparar as F dentro de cada D, a dose de 4 g L⁻¹ do FLC foi considerada estatisticamente superior a esta mesma dose do FPD. Entretanto, a dose de 8 g L⁻¹ não diferiu entre as F testadas para as três características fisiológicas (*gs*, A e E). De forma geral, os resultados obtidos para as características fisiológicas avaliadas, nas condições deste experimento, sugerem que o emprego da dose de 4 g L⁻¹ de FLC, permite o suprimento adequado de nutrientes envolvidos de forma direta e indireta nos processos fotossintéticos, potencializando o aparato fotossintético e com isso garantindo eficiência nas

características de trocas gasosas das plantas avaliadas.

Características de estado nutricional

A análise de variância revelou haver interação entre os fatores D e F

para as variáveis índice de balanço de nitrogênio (IBN) e índice de clorofila (ICHL), enquanto que o conteúdo de açúcares solúveis totais (AST) apresentou significância apenas para a dose de fertilizante de forma isolada (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis de estado nutricional: açúcares solúveis totais (AST, mg.g⁻¹ MS), índice de balanço de nitrogênio (IBN) e índice de clorofila (ICHL) de plantas de pessegueiro da cultivar Capdeboscq, em função das fontes de variação: doses de fertilizante (D) e fonte de nutrientes (F) e suas interações. Pelotas, RS, 2017

| Fonte de Variação | GL | Quadrado médio | | |
|-------------------|----|---------------------|----------|----------|
| | | AST | IBN | ICHL |
| Dose de NPK (D) | 1 | 27,23* | 1607,65* | 1717,51* |
| Fonte de NPK (F) | 2 | 10,85 ^{ns} | 420,84* | 107,95* |
| D x F | 2 | 12,77 ^{ns} | 213,62* | 83,43* |
| Resíduo | 15 | 101,49 | 10,05 | 13,59 |
| Média | | 35,27 | 21,07 | 24,61 |
| CV (%) | | 28,56 | 15,04 | 14,98 |

* significativo e ^{ns} não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. GL: graus de liberdade. CV: Coeficiente de variação.

Para a variável conteúdo de AST a maior média obtida foi de 37,52 mg g⁻¹ MS para plantas fertilizadas com a dose de 4 g L⁻¹, entretanto, foram observadas diferenças para o fator dose, apenas entre o tratamento controle (sem aplicação de fertilizante, com média de 11,23 mg.g⁻¹ MS) em relação as doses de 4 e 8 g L⁻¹, que não diferiram entre si. Supõe-se que o valor obtido para esta variável represente o suprimento adequado de N as plantas, a partir da menor dose testada (4 g L⁻¹) do FLC, de forma a atender a demanda para a síntese de fotoassimilados, aminoácidos e proteínas, sem alterar os processos metabólicos vegetais, durante o respectivo período de avaliação.

Tais resultados reportam a importância do suprimento nutricional adicional ao uso dos substratos comerciais para o enriquecimento do mesmo conforme descrito por Navroski et al. (2016). De forma isolada, o substrato geralmente não apresenta quantidade suficiente de nutrientes para

sustentar por médios a longos períodos a produção de compostos de carbono (proteínas, lipídeos e carboidratos), especialmente os açúcares solúveis, que proverão energia para o metabolismo respiratório, processo este indispensável para a manutenção da taxa de crescimento das plantas.

Assim como para a maioria das características fisiológicas avaliadas neste experimento, o IBN e o ICHL também apresentaram resultados superiores com a dose de 4 g L⁻¹ de FLC, e para o FPD a dose considerada estatisticamente superior foi a de 8 g L⁻¹, para ambas variáveis (Tabela 4), sugerindo novamente a necessidade de doses superiores de FPD para a reposição da quantidade de nutrientes perdidos por lixiviação, o que pode tornar o uso desta fonte de nutrientes mais onerosa, bem como, propiciar uma maior contaminação ambiental, especialmente pelo fato de que o N é altamente móvel em água.

Tabela 4. Médias para a interação entre doses de fertilizante (D) e fonte de nutrientes (F) para as variáveis de estado nutricional: índice de balanço de nitrogênio (IBN) e índice de clorofila (ICHL) plantas de pessegueiro cultivar Capdeboscq. Pelotas, RS, 2017

| Fonte de NPK (F) | Dose de NPK (D) | | |
|------------------|-----------------|---------|---------|
| | 0 | 4 | 8 |
| IBN | | | |
| FLC | 4,87cA | 37,07aA | 33,82bA |
| FPD | 4,87cA | 17,15bB | 28,62aB |
| ICHL | | | |
| FLC | 7,72cA | 38,00aA | 34,47bA |
| FPD | 7,72cA | 26,32bB | 33,42aB |

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúscula entre as doses de fertilizante dentro de cada fonte de nutrientes e maiúscula entre as fontes de nutrientes dentro de cada dose de fertilizante, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Cabe ressaltar que os resultados obtidos para IBN e ICHL corrobora com os valores superiores encontrados para a característica fisiológica EIC_i, visto que o suprimento da quantidade ideal de N as plantas favorece a biossíntese da molécula de clorofila, sendo assim, quanto maior a concentração de N na planta, maior a disponibilidade de substrato para a síntese de clorofila (CARTELAT et al., 2005).

A dose e a fonte de nutrientes que promovem incremento no teor de clorofila nas folhas aumenta a capacidade de absorção de luz, promovendo assim a fixação de carbono em maior quantidade, o que permite o aumento na produção de carboidratos que servirão como substrato a síntese de novas moléculas orgânicas e para a respiração, processo o qual irá

fornecer energia indispensável a absorção de nutrientes e para a manutenção das taxas de crescimento vegetal. Sendo assim, espera-se que a fonte de nutrientes e a dose de fertilizante que propicia características fisiológicas e de estado nutricional satisfatórias em plantas, também permitem superioridade nas características de crescimento.

Características de crescimento

Como pode ser observado na Tabela 5, a análise de variância conjunta realizada para as variáveis de crescimento revelou efeito significativo (p<0,05) para a interação entre os fatores F x D apenas para a variável diâmetro de colo (DC).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para as variáveis de crescimento: diâmetro do colo (DC, mm), altura (H, cm) e massa seca total (MST, g/planta) de plantas de pessegueiro cv. Capdeboscq, em função das doses de fertilizante (D) e fonte de nutrientes (F) e suas interações. Pelotas, RS, 2017

| Fonte de Variação | GL | Quadrado médio | | |
|-------------------|----|--------------------|----------------------|--------------------|
| | | DC | H | MST |
| Dose de NPK (D) | 1 | 10,46* | 1559,54* | 21,77* |
| Fonte de NPK (F) | 2 | 1,49 ^{ns} | 322,67 ^{ns} | 1,41 ^{ns} |
| D x F | 2 | 0,38* | 121,17 ^{ns} | 0,46 ^{ns} |
| Resíduo | 15 | 0,04 | 73,19 | 0,29 |
| Média | | 4,32 | 97,29 | 6,59 |
| CV (%) | | 4,84 | 8,79 | 8,15 |

* significativo e ^{ns} não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. GL: graus de liberdade. CV: Coeficiente de variação.

A altura (H) e a massa seca total (MST) das plantas foram influenciadas de forma isolada pelo fator dose de nutrientes, sendo que, as plantas submetidas ao tratamento com a dose de 4 g L⁻¹ resultaram em valores máximos para estas características de crescimento (122 cm e 8,03 g planta⁻¹, respectivamente), conforme evidenciado na Tabela 6. Destaca-se que os resultados

obtidos para a H e MST diante do acréscimo na dosagem empregada ocasionou a redução nos valores destas características, indicando que a aplicação de dosagens superiores a 4 g L⁻¹ é dispensável, visto que, respostas positivas no crescimento foram obtidas em doses inferiores no período de crescimento de 70 dias.

Tabela 6. Valores médios de altura (H, cm) e massa seca total (MST, g planta⁻¹) de plantas de pessegueiro cv. Capdeboscq, em função das doses de fertilizante (D). Pelotas, RS, 2017

| Dose de NPK | Variáveis | |
|---------------------|-----------|-------|
| | H | MST |
| Controle | 46.37c | 4.79c |
| 4 g L ⁻¹ | 122.02a | 8.03a |
| 8 g L ⁻¹ | 90.5b | 6.95b |

Letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

De acordo com Muniz et al. (2013) e Menegatti et al. (2017b) o suprimento de nutrientes a partir da dose ideal de fertilizantes determinada para uma cultura específica, otimiza a fase inicial do crescimento das plantas, com incremento crescente nas características DC e H, e conseqüentemente maior acúmulo de matéria seca, permitindo a eficiência no emprego do insumo, evitando o desperdício do fertilizante, reduzindo assim os custos produtivos (MACHADO et al., 2011; MUNIZ et al., 2013).

No desdobramento da interação entre as doses de nutrientes e as fontes de fertilizante aplicadas, observou-se que, as doses de fertilizante de 4 e 8 g L⁻¹, dentro de cada F, não diferiram entre si. Contudo ao comparar as F dentro de cada D, a fonte de liberação controlada proporcionou maior DC às plantas fertilizadas com 4 g L⁻¹, enquanto que à fertilização de pronta disponibilidade foi superior na dosagem de 8 g L⁻¹ (Tabela 7).

Tabela 7. Médias para a interação entre doses de fertilizante (D) e fonte de nutrientes (F) sobre a variável diâmetro do colo (DC, mm) de plantas de pessegueiro cv. Capdeboscq. Pelotas, RS, 2017

| Fonte de NPK (F) | DC | | |
|------------------|-----------------|--------|--------|
| | Dose de NPK (D) | | |
| | 0 | 4 | 8 |
| FLC | 3,00bA | 5,44aA | 4,67aB |
| FPD | 3,00bA | 4,55aB | 5,36aA |

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúscula entre as doses de fertilizante dentro de cada fonte de nutrientes e maiúsculas entre as fontes de nutrientes dentro de cada dose de fertilizante, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A incorporação da dose de 4 g L⁻¹ do FLC ao substrato comercial, resultou em plantas com DC médio de aproximadamente 5,44 mm, valor similar ao obtido com o emprego de 8 g L⁻¹ do FPD (5,36 mm), ambos DC suficientes para que a atividade de enxertia seja realizada sobre os porta-enxertos aos 70 dias após o transplantio.

O maior crescimento em DC obtido em plantas fertilizadas com a menor dose do FLC é justificado pela composição do fertilizante encapsulado, o qual permite que os nutrientes sejam liberados através de estruturas porosas de forma gradativa, promovendo maior eficiência no uso do fertilizante já que é disponibilizado para o sistema radicular das plantas em estádios de maior demanda (AZEEM et al., 2014; WANG et al., 2016). Enquanto que para obter resultados similares aos da dose inferior do FLC são necessárias doses superiores de FPD, visto que este último, se trata de um insumo mais propenso a perdas por lixiviação e volatilização, que pode ser alta no processo de produção de mudas devido as constantes irrigações (MELO JÚNIOR et al., 2014), o que reduz a eficiência no aproveitamento dos nutrientes e resulta em impacto ambiental e econômico negativos.

A principal inconveniência na utilização do FLC se deve ao custo superior deste em comparação as fontes prontamente disponíveis, porém, a coerência dos resultados obtidos para as características de trocas gasosas, de estado nutricional e de crescimento de porta-enxertos de pessegueiro, sugere a incorporação do FLC, na dose de 4 g L⁻¹. Contudo estudos que comparem a viabilidade econômica do emprego de FLC como alternativa ao FPD devem ser considerados, já que resultados satisfatórios para todas estas variáveis também foram encontrados para o FPD com o emprego de 8 g L⁻¹.

A correta recomendação da dose e fonte de nutrientes para o eficiente manejo nutricional inicial de porta-enxertos deve considerar a viabilidade econômica, que engloba, o preço comercial do insumo, os recursos produtivos empregados (irrigação, manejo de pragas e doenças, mão de obra, e outros), e especialmente, no caso do pessegueiro, o período de permanência das mudas no viveiro, recebendo os manejos culturais, até que estejam aptas ao comércio.

No sistema tradicional de produção de mudas de pessegueiro no Sul do país as mudas alcançam os padrões mínimos de comercialização em aproximadamente 360 dias, ou seja, um ano (MAYER et al., 2015). Dentro desse sistema, a semeadura é realizada a campo, entre meados de abril até final de maio, coincidindo todo o desenvolvimento inicial das plantas com o período de inverno, resultando em crescimento lento e desuniforme, prolongando assim o tempo necessário para que os porta-enxertos alcancem o ponto de enxertia, aproximadamente 240 dias (FISCHER et al., 2016). A prática da enxertia geralmente é realizada no mês de novembro, mas é dependente das condições climáticas, culminando em mudas aptas ao comércio 120 dias após, entorno do mês de abril, entretanto a comercialização destas geralmente ocorre a partir deste período, ou durante o inverno quando as plantas estão dormente, uma vez que esse sistema requer o desplantio e a comercialização de plantas de raiz nua.

De forma alternativa, a incorporação do FLC ou do FPD, na dose de 4 g L⁻¹ ou 8 g L⁻¹, respectivamente, na produção de mudas em recipientes e ambiente protegido permitiu a antecipação em uma das etapas do processo produtivo, sendo as mudas consideradas aptas a realização da atividade de enxertia 70 dias após o

transplântio, tempo inferior em relaçaõ ao sistema tradicional, o que possivelmente irá acarretar também na reduçaõ no período para a obtençaõ de plantas aptas a comercializaçaõ.

Supõe-se assim, que o aperfeiçoamento nas técnicas de produçaõ de porta-enxertos de pessegueiro, abordados neste trabalho, poderão contribuir positivamente a cadeia produtiva do pessegueiro, visto que, o fator tempo interfere nos custos produtivos que serão repassados ao consumidor final o que poderá influenciar na atratividade da persicultura, promovendo a expansão e/ou a implantaçaõ de novos pomares.

Conclusões

A incorporaçaõ do fertilizante de liberaçaõ controlada ao substrato comercial permite eficiência nas características fisiológicas, de estado nutricional e no crescimento de porta-enxertos em uma dose inferior de fertilizante (4 g L⁻¹) quando comparado ao fertilizante de pronta disponibilidade (8 g L⁻¹), sendo por isso recomendado como insumo para a fertilizaçaõ na fase inicial de crescimento de porta-enxertos de pessegueiro da cultivar ‘Capdeboscq’.

Agradecimentos

We thank CNPq (National Council for Scientific and Technological Development), for the Productivity and Research scholarship to the corresponding author. This study was financed in part by the Coordenaçaõ de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

Referências

AZEEM, B.; KUSHAARI, K.; HOMEM, Z.B.; BASIT, A.; THANH, T.H. Review on materials

& methods to produce controlled release coated urea fertilizer. **Journal of Controlled Release**, v. 181, p. 11-21, 2014.

BASSI D.; MENOSSI, M.; MATTIELLO, L. Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. **Scientific Reports**, v. 8, p. 2327-2340, 2018.

BIANCHI, V.J. **Produçaõ de mudas**. In: RASEIRA MCB. Pessegueiro. Brasília: Embrapa. p. 226-249, 2014.

BRITO, M.E.B.; SOARES, L.A. dos A.; FERNANDES, P.D.; LIMA, G. S. de; S, F. V. da S.; MELO, A. S. de. Comportamento fisiológico de combinaçaõs copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 857-865, 2012.

CARSTENSEN A.; HERDEAN, A.; SCHMIDT, S.B.; SHARMA, A.; SPETEA, C.; PRIBIL, M.; HUSTED, S. The impacts of phosphorus deficiency on the photosynthetic electron transport chain. **Plant Physiology**, v. 176, p. 1879-2583, 2018.

CARTELAT, A.; CEROVIC, Z.G.; GOULAS, Y.; MEYER, S.; LELARGE, C.; PRIOUL, J.L.; BARBOTTIN, A.; JEUFFROY, M.H.; PORTO, P.; AGATI, G.; MOYA, I. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research**, v. 91, p. 35-49, 2005.

FACHINELLO, J.C.; PASA, M.S.; SCHMTIZ, J.D.; BETEMPS, D.L. Situaçaõ e perspectivas de frutíferas de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 109-120, 2011.

FERREIRA, D.F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FISCHER, D.L. de O.; PICOLOTTO, L.; ROCHA, M.S.; SOUZA, A. das G.; BIANCHI,

- V.J. Influência do período de estratificação em frio úmido sobre a emergência e produção de porta-enxertos de pessegueiro a campo. **Revista Congrega Urcamp**, v. 1, p. 08-14, 2016.
- HASANUZZAMAN, M.; BHUYAN, M.H.M.B.; NAHAR, K.; HOSSAIN, M.D.; MAHMUD, J.A.; HOSSEN, M.S.; MASUD, A.A.C.; FUJITA, M. Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. **Agronomy**, v. 8, p. 31, 2018.
- HODGE, J.E.; HOFREITER, B.T. Analysis and preparation of sugars. In: WHISTER RL & WOLFROM ML. **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic Prees, p. 356-378, 1962.
- KUSANO, M.; FUKUSHIMA, U.M.A.; REDESTIG, H.; SAITO, K. Metabolomic approaches toward understanding nitrogen metabolism in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 1439-1453, 2011.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006.
- MACHADO, D.L.M.; LUCENA, C.C.; SANTOS, D.; SIQUEIRA, D.L.; MATARAZZO, P.H.M.; STRUIVING, T.B. Slow-release and organic fertilizers on early growth of Rangpur lime. **Revista Ceres**, v. 58, p. 359-365, 2011.
- MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S.A.; GOUVÊA, P.R.S.; CAMARGO, M.A.B.; OLIVEIRA, M.F.; SANTOS, J.K.S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, v. 61, p. 786-799, 2014.
- MAYER, N.A.; ANTUNES, L.E.C. **Diagnóstico do sistema de produção de mudas de Prunóideas no Sul e Sudeste do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 52p.
- MAYER NA.; MAYER, N.A.; UENO, B.; FISCHER, C.; MIGLIORINI, L.C. **Propagação vegetativa de frutíferas de caroço por estacas herbáceas em escala comercial**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 55p.
- MAYER, N. A.; BIANCHI, V. J.; CASTRO, L. A. S. Porta-enxertos. In: RASEIRA, M. C. B.; PEREIRA, J. F. M.; CARVALHO, F. L. C. **Pessegueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 173-223.
- MAYER, NA.; UENO, B.; SILVA, V.A.L. da. Teores de nutrientes foliares de pessegueiro em cinco porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 1045-1052, 2015.
- MAYER, N.A.; BIANCHI, V.J.; FELDEBERG, N.P.; MORINI, S. Advances in peach, nectarine and plum propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, p. 355, 2017.
- MELO JÚNIOR, J.C.F. de A.; LIMA, A.M.N.; TEIXEIRA, M.V.; CONCEIÇÃO, G. C. da; SANTOS, L. R. das. Efeito de níveis de depleção de água no substrato e doses de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Irriga**, v. 20, p. 204-219, 2015.
- MENEGATTI, R.D.; GUOLLO, K.; NAVROSKI, M.C.; VARGAS, O.F. Fertilizante de liberação lenta no crescimento inicial de *Aspidosperma parvifolium* A. DC. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, p. 45-49, 2017.
- MOTA CS.; ARAÚJO, E.L.S.; SILVA, F.G.; DORNELLES, P.; FREIBERGER, M.B.; MENDES, G.C. Physiology and quality of *Eugenia dysenterica* DC seedlings grown in vermiculite and rice husk-based substrates. **Revista Brasileira Fruticultura Jaboticabal**, v. 40, p. 1, 2018.
- MUNIZ, C.O.; LÔBO, L.M.; FERNANDES, F.P.R.; FERREIRA, E.M.; BRASIL, E.P.F. Efeito de diferentes adubos NPK no processo de produção de mudas de Eucalipto. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 1162-1168, 2013.

- NARVAEZ, L.; CÁCERES, R.; MARFÁ, O. Effect of different fertilization strategies on nitrogen balance in an outdoor potted crop of *Osteospermum ecklonis* (DC.) Norl. 'Purple Red' under Mediterranean climate conditions. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 833-841, 2013.
- NAVROSKI, M.C.; ARAÚJO, M.M.; CUNHA, F. da S.; BERGHETTI, A.L.P.; PEREIRA, M. de O. Redução da adubação e melhoria das características do substrato com o uso do hidrogel na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 1155-1165, 2016.
- PICOLOTTO, L.; BIANCHI, V.J.; GAZOLLA, A.N.; FACHINELLO, J.C. Diferentes misturas de substratos na formação de mudas de pessegueiro, em embalagem. **Scientia Agraria**, v. 8, p. 119-125, 2007.
- RASEIRA, M.C.B., PEREIRA, J.F.M., CARVALHO, F.L.C. **Pessegueiro**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 776.
- REIS, J.M.R.; CHALFUN, N.N.J.; REIS, M.A. Métodos de enxertia e ambientes na produção de mudas de pessegueiro cv. 'Diamante'. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, p. 200-205, 2010.
- SCHMITZ, J.D.; PASA, M.S.; FISCHER, D.L.O.; FACHINELLO, J.C.; BIANCHI, V.J. Desempenho de porta-enxertos em diferentes sistemas de cultivo na produção de mudas do pessegueiro 'Chimarrita'. **Revista Ceres**, n. 61, v. 2, 293-297, 2014.
- SERRANO, L.A.L.; MARINHO, C.S.; CARVALHO, A.J.C.; MONNERAT, P.H. Efeito de sistemas de produção e doses de adubo de liberação lenta no estado nutricional de porta-enxerto cítrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 524-528, 2004.
- SILVA, L. de A.; BRITO, M.E.B., SÁ, F.V. da S.; MOREIRA, R.C.L.; SOARES FILHO, W. Dos S.; FERNANDES, P.D. Mecanismos fisiológicos de percepção do estresse salino de híbridos de porta-enxertos citros em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 18, p. 01-07, 2014.
- SOUZA, A.G.; SPINELLI, V.M.; SOUZA, R.O.; SMIDERLE, O.J.; BIANCHI, V.J. Optimization of germination and initial quality of seedlings of *Prunus persica* tree rootstocks. **Journal of Seed Science**, v. 39, p. 166-173, 2017.
- SUASSUNA, J.F.; FERNANDES, P.D.; BRITO, K.S.A. de; NASCIMENTO, R. do; MELO, A.S. de; BRITO, M.E.B. Trocas gasosas e componentes de crescimento em portaenxertos de citros submetidos à restrição hídrica. **Irriga**, v. 19, p. 464-477, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 954 p.
- TOMAZ, Z.F.P.; SCHUCH, M.W.; PEIL, R.M.N.; TIMM, C.R.F. Produção de mudas de pessegueiro via enxertia de gema ativa e dormente em sistema de cultivo sem solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 1002-1008, 2014.
- WANG, P.; LOMBI, E.; ZHAO, F.J.; KOPITTKE, P.M. Nanotechnology: A New Opportunity in Plant Sciences. **Trends Plant Science**, v. 8, p. 699-712, 2016.