



Nutrição e desenvolvimento da batata-doce e redução na adubação em função de bactérias promotoras de crescimento

Izabeli Bertini Lara Gonçalves^(1*); Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho⁽²⁾; Fernando Shintate Galindo⁽¹⁾; Nataly Freire de Oliveira⁽¹⁾; Pablo Forlan Vargas⁽³⁾; Felipe Sandrini Nogaro⁽¹⁾; Mateus Ferreira Kitagawa⁽¹⁾;

⁽¹⁾ Faculdade de Engenharia (FEIS-UNESP); Ilha Solteira, SP, 15385-000 (*apresentador, izabelibertini@gmail.com).

⁽²⁾ Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000.

⁽³⁾ Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000.

RESUMO: A inoculação com bactérias promotoras de crescimento tem trazido resultados interessantes quanto à redução da adubação mineral. O objetivo foi analisar o efeito da inoculação de bactérias associadas à redução da adubação mineral sobre a nutrição e desenvolvimento da batata-doce. O experimento foi conduzido em vaso em casa de vegetação utilizando três diferentes bactérias: *Azospirillum brasilense* (Azo), *Pseudomonas fluorescens* (PF) e *Bacillus subtilis* (BS). Após quatro meses da instalação, as plantas foram medidas em altura, colhidas, identificadas, contou-se número de raízes comerciais. Os tratamentos foram: 1) testemunha; 2) 100% de adubação mineral recomendada; 3) 75% de adubação com Azo 1L/ha; 4) 75% de adubação com Azo 0,5/ha; 5) 75% de adubação com BS 0,5L/ha; 6) 75% de adubação com PF 0,5L/ha; 7) 75% da adubação com Azo 1L/ha, BS 0,5L/ha e PF 0,5L/ha; 8) 75% da adubação com Azo 0,5L/ha, BS 0,25L/ha e PF 0,25L/ha. Após, estas foram pesadas, lavadas e secas em estufa a 60 °C durante 72 horas. Em seguida, foram feitas as análises dos teores de fósforo (P), boro (B), e manganês (Mn) na parte aérea e radicular. Estes resultados foram analisados pelo teste de Scott-Knott. Na parte radicular houve diferença para concentrações de P e Mn. Quanto a parte aérea, com concentrações de P, B e Mn. Sobre o desenvolvimento da planta, os tratamentos 1) e 7) foram inferiores aos demais. Conclui-se que o uso de BPCPs contribui para a nutrição com P, B e Mn da batata-doce, mas não teve resultados conclusivos quanto ao desenvolvimento.

Termos de indexação: *Ipomoea batatas*; matéria fresca; teores de nutrientes.

INTRODUÇÃO

As bactérias promotoras de crescimento de plantas fazem parte da população residente das plantas como epifíticas ou endofíticas e não são fitopatogênicas (MARIANO et al., 2004) e atuam

proporcionando maior desenvolvimento do sistema radicular, absorção de água e nutrientes, com reflexos positivos no crescimento e produtividade das culturas (MOREIRA et al., 2010)

Tem-se aumentado a aplicação de inoculantes contendo bactérias diazotróficas, como o *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* e o *Bacillus subtilis* que promovem tais efeitos benéficos às plantas. Segundo Schultz et al. (2012), essa prática pode aumentar a eficiência da adubação, reduzindo assim a dose do adubo e, conseqüentemente, gastos com fertilizantes minerais.

Esta técnica unida com outras práticas é de grande importância para o desenvolvimento, de uma agricultura de menor impacto e mais sustentável no Brasil (GÍRIO et al., 2015), justificando assim o desenvolvimento de trabalhos nesta área. Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito da inoculação com três diferentes espécies de bactérias promotoras de crescimento de plantas, isoladas ou combinadas, associada à redução de 25% da adubação mineral, sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e nas raízes e matéria fresca da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido utilizando vasos de 20 litros na casa de vegetação no Campus II da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. O solo utilizado era um ARGISSOLO VERMELHO DISTRÓFICO de textura média e foi realizada calagem para elevar a saturação de bases para 60%, que é exigido pela cultura (INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS, 2014). A variedade empregada foi a batata-doce tipo Canadense (SRT 346), que tem como características raízes tuberosas com casca rosada e o interior com a coloração branca.

As bactérias foram adquiridas comercialmente e inoculadas no solo que já estava corrigido em termos de acidez.

Tratamentos e amostragens



O delineamento experimental foi o de blocos casualizados quatro repetições para cada tratamento.

Foram realizados oito tratamentos: 1) testemunha (sem adubação e sem inoculação); 2) 100% de adubação mineral recomendada, sendo adubado no plantio, superfosfato simples 5g/vaso, KCl 1g/vaso, sulfato de amônio 1g/vaso e ácido bórico 0,1g/vaso, e em cobertura, sulfato de amônio 1,38g/vaso; 3) 75% de adubação mineral com *Azospirillum brasilense* na dose de 1L/ha; 4) 75% de adubação mineral com *Azospirillum brasilense* 0,5/ha; 5) 75% de adubação mineral com *Bacillus subtilis* 0,5L/ha; 6) 75% de adubação mineral com *Pseudomonas fluorescens* 0,5L/ha; 7) 75% da adubação mineral com *Azospirillum brasilense* 1L/ha, *Bacillus subtilis* 0,5L/ha e *Pseudomonas fluorescens* 0,5L/ha; 8) 75% da adubação mineral com *Azospirillum brasilense* 0,5L/ha, *Bacillus subtilis* 0,25L/ha e *Pseudomonas fluorescens* 0,25L/ha.

A irrigação foi realizada quando necessária e não houve nenhum problema com pragas e doenças.

Após quatro meses da instalação, as plantas foram medidas em altura, colhidas e identificadas. Contou-se número de raízes comerciais por planta e depois estas foram pesadas para análise de massa fresca, lavadas e secas em estufa a 60 °C durante 72 horas. Em seguida, foram feitas as análises dos teores de fósforo, boro e manganês na parte aérea e radicular, conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

Análise estatística

Os dados de altura de planta, os números de raízes comerciais por planta, massa fresca tanto da parte aérea quanto radicular e teores de nutrientes foram tabulados, submetidos à análise de variância (teste F) e teste de Scott Knott a 5% de probabilidade para comparação de médias dos tratamentos. Foi utilizado o programa computacional SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação às raízes da planta, que são exploradas economicamente, houve diferença significativa apenas para concentrações de fósforo e manganês, onde o tratamento sem inoculação e sem adubação foi inferior comparado aos outros tratamentos (Tabela 1.).

Quanto à parte aérea da planta, notou-se resultados mais expressivos para concentrações de fósforo, boro e manganês, em que o tratamento com a combinação das três bactérias juntamente com 75% da adubação mineral recomendada foi

significativamente superior em relação a testemunha e maioria dos outros tratamentos (Tabela 1).

Os tratamentos com *Pseudomonas fluorescens* na concentração de 0,5L/ha junto com 75% da adubação recomendada e o com *Azospirillum brasilense* na concentração de 0,5L/ha com 75% da adubação recomendada se destacaram na concentração fósforo e manganês nas raízes (Tabela 1).

Além disso, o tratamento com 100% da adubação recomendada e sem inoculação e o tratamento com *Azospirillum brasilense* na concentração de 1L/ha com 75% da adubação recomendada também proporcionaram as maiores concentrações de boro e manganês na parte aérea da batata-doce (Tabela 1).

Quanto ao desenvolvimento da cultura, não foi constatada diferença significativa entre os tratamentos para a altura de planta, número de raízes por planta e massa fresca da parte aérea. Entretanto, houve efeito significativo para a massa fresca de raízes comerciais da batata-doce, onde a testemunha e o tratamento com 75% da adubação mineral com *Azospirillum brasilense* a 1L/ha, *Bacillus subtilis* 0,5L/ha e *Pseudomonas fluorescens* 0,5L/ha, foram inferiores aos demais (Tabela 2).

Por ter elevado potencial produtivo, a batata-doce requer grande quantidade de nutrientes (ECHER et al., 2009). Para uma produção de 11 a 15 t ha⁻¹ de raízes tuberosas, estima-se que seja preciso aplicar de 60 a 113 kg de N, 20 a 47,5 kg de P₂O₅, 100 a 236 kg de K₂O, 31 a 35 kg de CaO e 11 a 13 kg de MgO (SILVA et al., 2002). Com a inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas, notou-se uma diminuição da necessidade de adubação mineral de fósforo, enquanto que para os outros macronutrientes não houve diferença significativa para a redução de 25% da adubação.

Quanto aos micronutrientes, no Brasil, estes dados são escassos. No entanto, relatos na literatura indicam que para cada tonelada de raízes tuberosas de batata-doce, são extraídas 66 gramas de B (BYJU, 2007), e os gastos com fertilizantes podem ser otimizados com a prática da inoculação de BPCPs (SCHULTZ et al., 2012). Esse resultado pode ser extrapolado para o manganês.

Na China, o aumento de produtividade da batata-doce foi de até 23,1% com a aplicação dessas bactérias (ZHANG et al., 1996). Segundo Mariano et al. (2004), este aumento é importante considerando que o produto tem alto valor nutricional e o grande número habitantes do país. Embora eles detenham as maiores tecnologias de produção, ainda há ausência de literatura na área de inoculação com batata-doce, tanto para nutrição quanto sobre desenvolvimento da cultura.

De acordo com Echer et al. (2009), a maior



produção de massa fresca entre os órgãos de batata-doce na colheita ocorreu nas ramas, seguida pelas raízes tuberosas, sobre adubação mineral. Semelhante ao trabalho citado, a maior produção de massa fresca encontra-se na parte aérea da batata-doce inoculada, seguida pela parte radicular da cultura, embora essa última não tenha dado diferença significativa com o controle.

CONCLUSÕES

O uso de bactérias promotoras de crescimento contribui para a nutrição com fósforo, boro e manganês para batata-doce, reduzindo assim o gasto com adubação mineral e proporcionando uma agricultura mais limpa e sustentável.

A massa fresca de raízes comerciais da batata-doce foi inferior na testemunha (sem inoculação e sem adubação) e no tratamento com 75% da adubação recomendada associado à combinação das três bactérias testadas. Indicando assim, ser possível a redução de 25% da adubação mineral quando associado isoladamente com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* ou *Bacillus subtilis*.

Após esta pesquisa inicial, recomenda-se mais pesquisas, principalmente em campo experimental.

AGRADECIMENTOS

À Fundação VUNESP pela bolsa de iniciação científica da primeira autora.

REFERÊNCIAS

a. Periódicos

ECHER, F.R.; DOMINATO, J.C; CRESTE, J.E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira** v. 27, n. 2, p. 176-182, abr-jun. 2009.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A Guide for Its Bootstrap Procedures in Multiple Comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, mar-abr. 2014.

GÍRIO, L.A. da S. et al. Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pré-brotadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 1, p. 33-43, jan. 2015.

MOREIRA F.M. de S. et al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74-99, dez. 2010.

SCHULTZ N. et al. Avaliação agrônômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 261-268, fev. 2012

b. Livro:

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC (Campinas). AGUIAR, A.T. da E. (Eds). **Boletim nº 200**: Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas. 7. ed. Campinas. 2014. p. 452.

c. Capítulo de livro:

MALAVOLTA. E.; VITTI. G. C; OLIVEIRA. S. A. Fundações. In: MALAVOLTA. E.; VITTI. G. C; OLIVEIRA. S. A. (Ed.). **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1997. p. 319.

SILVA J.B.C.; LOPES C.A.; MAGALHÃES J.S. 2002. Cultura da batata-doce. In: CEREDA MP; **Agricultura**: Tuberosas amiláceas latino americanas, São Paulo: Fundação Cargill. 2002. p. 540.

ZHANG, S.A. et al. Research and commercialization of yield increasing bacteria (YIB) in China. In: TANG, W.; COOK, R.J.; ROVIRA, A. (Eds). **Advances in biological control of plant diseases**. Beijing: Agricultural University Press. 1996. p. 53.

d. Trabalho em Anais:

MARIANO, R. de L. R. et al. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife. 2004. p. 89-111.

e. Internet:

BYJU G. 2008, 28 março. Sweet potato. Disponível em <<http://www.ctcri.org/byju.htmhttp>> Acesso em: 10 set. 2018.

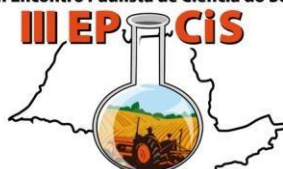


Tabela 1. Teores de nutrientes tanto da parte radicular quando da parte aérea da batata-doce em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas e da adubação mineral.

| Tratamentos | Fósforo (radicular)** (g kg ⁻¹) | Manganês (radicular)* (mg kg ⁻¹) | Fósforo (aérea)* (g kg ⁻¹) | Boro (aérea)** (mg kg ⁻¹) | Manganês (aérea)# (MG kg ⁻¹) |
|---|---|--|--|---------------------------------------|--|
| Sem adubação e inoculação | 0,73b | 27,00b | 1,63b | 23,00c | 75,00b |
| 100% de adubação mineral | 1,53a | 67,66a | 1,56b | 144,33a | 121,33a |
| 75% de adubação mineral com <i>Azospirillum brasilense</i> 1L/ha | 1,40a | 62,33a | 1,43b | 138,00a | 107,66a |
| 75% de adubação mineral com <i>Azospirillum brasilense</i> 0,5/ha | 1,53a | 56,00a | 1,80a | 104,33b | 137,66a |
| 75% de adubação mineral com <i>Bacillus subtilis</i> 0,5L/ha | 1,43a | 61,66a | 1,36b | 83,33b | 97,33b |
| 75% de adubação mineral com <i>Pseudomonas fluorescens</i> 0,5L/ha | 1,50a | 53,66a | 1,90a | 89,66b | 136,66a |
| 75% da adubação mineral com <i>Azospirillum brasilense</i> 1L/ha, <i>Bacillus subtilis</i> 0,5L/ha e <i>Pseudomonas fluorescens</i> 0,5L/ha | 1,36a | 57,33a | 1,80a | 123,33a | 151,66a |
| 75% da adubação mineral com <i>Azospirillum brasilense</i> 0,5L/ha, <i>Bacillus subtilis</i> 0,25L/ha e <i>Pseudomonas fluorescens</i> 0,25L/ha | 1,46a | 59,00a | 1,60b | 108,33b | 90,33b |
| Média geral | 1,40 | 55,53 | 1,66 | 98,86 | 111,60 |
| CV% | 14,94 | 19,48 | 9,88 | 25,89 | 13,27 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott a 5%.

**, * e ^{NS}: significativas em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativas, respectivamente. #: dados corrigidos seguindo a equação $y = (x + 0,5)^{0,5}$ para a normalização de dados.

Tabela 2. Altura de planta, número de raízes de armazenamento, massas frescas da parte aérea e de raízes de batata-doce em função da inoculação com bactérias promotoras de crescimento e da adubação mineral.

| Tratamentos | Altura de planta ^{NS} (cm) | Nº de raízes ^{NS} | Massa fresca (aérea) ^{NS} (g) | Massa fresca (radicular)* (g) |
|---|-------------------------------------|----------------------------|--|-------------------------------|
| Sem adubação e inoculação | 87,87a | 4,50a | 60,530a | 160,150b |
| 100% de adubação mineral | 110,62a | 5,00a | 73,920a | 224,125a |
| 75% de adubação mineral com <i>Azospirillum brasilense</i> 1L/ha | 105,00a | 5,50a | 69,275a | 221,295a |
| 75% de adubação mineral com <i>Azospirillum brasilense</i> 0,5/ha | 98,75a | 4,75a | 74,182a | 205,315a |
| 75% de adubação mineral com <i>Bacillus subtilis</i> 0,5L/ha | 121,75a | 4,75a | 69,892a | 205,365a |
| 75% de adubação mineral com <i>Pseudomonas fluorescens</i> 0,5L/ha | 92,12a | 4,75a | 66,895a | 219,315a |
| 75% da adubação mineral com <i>Azospirillum brasilense</i> 1L/ha, <i>Bacillus subtilis</i> 0,5L/ha e <i>Pseudomonas fluorescens</i> 0,5L/ha | 90,00a | 4,50a | 72,925a | 170,600b |
| 75% da adubação mineral com <i>Azospirillum brasilense</i> 0,5L/ha, <i>Bacillus subtilis</i> 0,25L/ha e <i>Pseudomonas fluorescens</i> 0,25L/ha | 92,62a | 3,50a | 62,200a | 199,662a |
| Média geral | 99,87 | 4,77 | 68,809 | 203,909 |
| CV% | 17,46 | 26,61 | 9,89 | 12,29 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott a 5%.

**, * e ^{NS}: significativas em $p < 0,01$, $0,01 < p < 0,05$, e não significativas, respectivamente. #: dados corrigidos seguindo a equação $y = (x + 0,5)^{0,5}$ para a normalização de dados.