



BATATA-DOCE:
UMA REVISÃO COM ÊNFASE NA DINÂMICA DO NITROGÊNIO

SWEET POTATOES:
A REVIEW WITH EMPHASIS ON NITROGEN DYNAMICS

Tatiani Mayara Galeriani – UNESP – Botucatu – São Paulo – Brasil
tatianigaleriani@gmail.com

Sirlene Lopes de Oliveira – UNESP – Botucatu – São Paulo – Brasil
sirleneagronomia@gmail.com

Valkiria Luisa Borsa Piroli – UNESP – Botucatu – São Paulo – Brasil
valkiriapiroli@gmail.com

Mariane Pereira Riceto – UNESP – Botucatu – São Paulo – Brasil
mariane.riceto@unesp.br

Bruno Marcos Nunes Cosmo – UNESP – Botucatu – São Paulo – Brasil
brunomcosmo@gmail.com

RESUMO

A batata-doce é considerada uma das principais culturas tuberosas cultivadas em nível global, devido as suas características de adaptação e cultivo, além da variedade de usos, que vão desde a alimentação até a produção de biocombustíveis. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo descrever de forma generalizada a cultura da batata-doce com ênfase na dinâmica do nitrogênio. Para alcançar tal objetivo, empregou-se uma revisão bibliográfica fragmentada em seções. A primeira seção aborda a cultura como um todo, trazendo sua importância socioeconômica, origem, morfologia, condições para seu desenvolvimento e fenologia. Enquanto, a segunda seção foca-se na dinâmica nutricional da cultura, com ênfase no nitrogênio, abordando as necessidades nutricionais gerais, a dinâmica do nitrogênio e sua relação com o amido e alternativas para manejar o nitrogênio na cultura, como o emprego de bactérias fixadoras de nitrogênio e fontes orgânicas do elemento. Como considerações, destaca-se a exigência da cultura pelo nitrogênio, entretanto, o estabelecimento de recomendações para o elemento, é dificultado pela alta variação de resposta da cultura, fator possivelmente relacionado ao processo de fixação biológica. Portanto, novas pesquisas sobre a fixação biológica e sua interação com a adubação convencional e orgânica são necessárias para gerar um manejo mais eficiente na cultura.

Palavras-chave: Manejo do nitrogênio; Fixação biológica; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Sweet potatoes are considered one of the main tuberous crops grown globally, due to their adaptation and cultivation characteristics, in addition to the variety of uses, ranging from food to the production of biofuels. In this sense, the present work aimed to describe in a general way the sweet potato culture with emphasis on nitrogen dynamics. To achieve this objective, a bibliographic review fragmented into sections was used. The first section addresses the culture as a whole, bringing its socioeconomic importance, origin, morphology, conditions for its development and phenology. Meanwhile, the second section focuses on the nutritional dynamics of the crop, with an emphasis on nitrogen, addressing the general nutritional needs, the dynamics of nitrogen and its relationship with starch and alternatives for handling nitrogen in the crop such as the use of fixing bacteria of nitrogen and organic sources of the element. As considerations stand out the requirement of the culture for nitrogen, however, the establishment of recommendations for the element, is hampered by the high variation of the culture response, a factor possibly related to the biological fixation process. Therefore, new research on biological fixation and its interaction with conventional and organic fertilization is necessary to generate more efficient management in the crop.

Keywords: Nitrogen management; Biological fixation; Sustainability.

INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma das principais culturas tuberosas cultivadas em todo o mundo, principalmente em países em desenvolvimento como a África subsaariana, parte da Ásia e Ilhas do Pacífico. A cultura apresenta ampla possibilidade de uso, como a alimentação humana e animal e a obtenção de etanol, além de ser a base alimentar de várias regiões do mundo (NEUNFELD, 2019). Sendo assim, nos últimos anos, a cultura ganhou maior repercussão devido a sua utilização em dietas e/ou devido ao aumento no consumo de alimentos mais saudáveis, sendo uma boa fonte de energia (açúcares e outros carboidratos), minerais, vitaminas e compostos antioxidantes (BETEMPS; PINTO, 2015).

A cultura apresenta características favoráveis ao cultivo, como boa adaptabilidade edafoclimáticas, rusticidade e alto potencial produtivo, contudo, o aumento da produção nacional ainda esbarra em questões técnicas, pois seu cultivo é realizado de forma rudimentar, com pouco investimento e baixo emprego de tecnologia. Por exemplo, mesmo apresentando alta demanda de nutrientes, como o Nitrogênio (N), muitas vezes não há suplementação nutricional nas áreas de produção. Além disso, a falta de informações técnicas dificulta o manejo desse e de outros nutrientes na cultura (FERNANDES; LEONEL; GARCIA, 2015).

Com relação ao nitrogênio, a literatura diverge quanto à responsividade da cultura à sua aplicação. Em alguns estudos, o parcelamento da adubação nitrogenada e/ou a sua associação com fontes orgânicas ou com micro-organismos, contribuíram para o aumento da produtividade da cultura (SAAD et al., 1999; ALVES et al., 2009; LEONARDO et al., 2014). No entanto, não há um consenso quanto às doses a serem empregadas, uma vez que o excesso de N no sistema pode prejudicar a tuberização, devido ao crescimento demasiado da parte aérea, e aos prejuízos na absorção de potássio. Enquanto, a deficiência de N provoca encurtamento da parte aérea, reduz a produção de carboidratos e a produtividade da cultura (ALVES et al., 2009).

Apesar de apresentar alta eficiência na absorção de N mesmo em solos pobres, a batata-doce apresenta acúmulo de N muito superior ao aplicado via fertilizantes e aos teores contidos no solo (FERREIRA, 2017), sustentando a hipótese que a planta faça associação com micro-organismos fixadores de nitrogênio atmosférico, conforme afirma Oliveira et al. (2017). Contudo, a escassez de estudos com esta temática inviabiliza a determinação da dose adequada de nitrogênio para essa cultura. Outras opções de manejo de N pautam-se na possibilidade de aplicar inoculantes, semelhante ao que se empregam na cultura da soja, como o *Bradyrhizobium japonicum* (PEREIRA et al., 2016), no entanto, também faltam pesquisas neste segmento.

Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo compreender a dinâmica do nitrogênio na cultura da batata-doce, e como a suplementação mineral, orgânica ou biológica de nitrogênio poderia potencializar a produtividade dessa cultura.

CULTURA DA BATATA-DOCE

Importância Socioeconômica

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é uma cultura de grande importância socioeconômica tanto no mundo, quanto no Brasil, uma vez que seu cultivo é realizado em todo o país. É uma planta de fácil cultivo, rústica, com ampla adaptação, tolerante a seca, com baixo custo de produção e cultivada principalmente pela agricultura familiar.

Possuindo uma grande diversidade genética, variando desde a cor, teor de proteína, produtividade de raízes e ramas, dentre outros aspectos (MARQUES, 2015).

A batata-doce pode ser utilizada na alimentação humana e animal, ou ainda como alternativa na produção de biocombustível (álcool), amido, macarrão, doces, sobremesas industrializadas e farinha, sendo considerada uma planta de usos múltiplos (OLIVEIRA, 2013; ERTHAL; ZAMBERLAN; SALAZAR, 2018; MAINO et al., 2019). Para muitas pessoas, a batata-doce é vista apenas como uma cultura de subsistência, devido a sua difusão na alimentação familiar, sendo comumente consumida assada ou cozida, contudo, também pode ser usada como matéria prima industrial, possuindo alto valor nutricional, devido a presença de carboidratos, β -caroteno e antocianinas (responsáveis pela variação de cor de algumas polpas), compostos fenólicos, fibra dietética, ácido ascórbico e fólico, provitamina A e sais minerais (VIZZOTTO et al., 2018).

Considerando os dados mundiais de cultivo da batata-doce, a China é o principal produtor mundial, com cerca de 82,2% da produção, cultivados em mais de 4,7 milhões de hectares, com produtividade equivalente de 21,3 t ha⁻¹, seguida da Nigéria com 1,92% e o Brasil com 0,30% da produção mundial (FAO, 2010). Nos últimos anos, a produção brasileira saltou de 477.472 t em 2009, para 741.203 t em 2018, representando um aumento na ordem de 36% no período (IBGE, 2020). Segundo o levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016) nos últimos 10 anos, o Brasil cultivou em média uma área de 43.161 ha com a cultura (DIAS; RUSSO, 2016).

Origem

A batata-doce é originária das Américas Central e do Sul, encontrada desde a Península de Yucatán, no México, até a Colômbia. Porém, há relatos de seu uso há mais de 10 mil anos, com base em vestígios de batatas secas encontrados em cavernas no Peru e escritas arqueológicas em regiões ocupadas pelos Maias (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). No entanto, a origem botânica e a localização geográfica da sua domesticação é desconhecida (ROULLIER et al., 2013a). Há algumas hipóteses que sugerem a origem da batata-doce, sendo uma delas é a de Austin (1987), que propõe

que os ancestrais da batata-doce foram gerados a partir de hibridação natural da *Ipomoea trifida* e *I. triloba* em algum lugar da Península de Yucatán e no rio Orinoco. A outra, é de Kobayashi (1984), que a *I. trifida* forma um complexo autoploide, variando de diploide a hexaploide, e que a domesticação da batata-doce é originada a partir desses grupos.

Alguns estudos empregando marcadores e investigação citogenética, descrevem que o genoma hexaplóide da *I. batatas* pode ser originado de três genomas distintos, onde dois são intimamente relacionados e o terceiro provém de um parental distante. Por meio dos marcadores moleculares reconheceram que a espécie *I. trifida* está mais relacionada com a batata-doce do que a *I. triloba* (ROULLIER et al., 2013b; NUNES, 2016). No entanto, em relação as outras culturas, por exemplo, como o milho e o trigo, as plantas de batata-doce não sofreram uma drástica mudança genética durante o processo de domesticação, impactando na retenção de grande parte da diversidade genética das populações ancestrais (ROULLIER et al., 2013b).

A principal característica de domesticação dessa cultura, é o desenvolvimento radicular tuberoso destinado a alimentação (RAVI et al., 2009). Segundo Roullier et al. (2013a), o processo de multiplicação das espécies selvagens por vários ciclos, proporcionou a recombinação de diferentes genótipos, favorecendo o desenvolvimento do sistema tuberoso. No Brasil, existe ampla diversidade genética de cultivares de batata-doce, sendo que praticamente em todas as regiões produtoras, existem cultivares locais, sendo comum encontrar a mesma cultivar com diferentes nomes (MIRANDA et al., 1995; CAVALCANTE, 2016).

Características da planta

A batata-doce é uma dicotiledônea da família Convolvulaceae, pertencente ao gênero *Ipomoea*, da espécie *Ipomoea batatas* L. Esta família tem cerca de 50 gêneros e mais de 1.000 espécies, sendo a espécie *Ipomoea batatas*, cultivada com maior expressão econômica. Enquanto, por exemplo, na China e na Malásia a espécie *I. aquática* é cultivada como alimento, onde suas folhas e brotos são consumidos como hortaliça (ECHER, 2015). A batata-doce é constituída por um caule herbáceo de hábito

prostrado, com ramificações de tamanho, cor e pilosidade diferentes, apresentando folhas largas, cor e recortes variados (ampla variação morfológica), de metabolismo fotossintético C3. As flores são alógamas, hexaplóides, autoincompatíveis, com propagação geralmente ocorrendo por via assexuada (ERPEN, 2013; NÓBREGA, 2015).

Seu sistema radicular é composto por dois tipos de raízes: raízes absorventes e de reserva. As raízes absorventes são caracterizadas por serem finas e possuírem a função de absorver água e nutrientes do solo, enquanto as raízes de reserva ou tuberosas, são de maior espessura e com a função de armazenamento, sendo considerado o órgão de interesse comercial da planta (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008; FREITAS, 2018). As raízes tuberosas são compostas por uma pele fina, casca e polpa. Normalmente a raiz pode apresentar diferentes formas, podendo ser redonda, oblonga, fusiforme ou alongada. A pele pode ser lisa ou rugosa e conter veias ou dobras. Tanto a pele, quanto a casca e a polpa podem possuir diferentes colorações, em alguns casos pode haver acúmulo de antocianina (arroxeadada) e/ ou betacaroteno (amarela-alaranjada) (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008; FREITAS, 2018).

A reprodução da batata-doce pode ser realizada por meio das batatas-semente, ramas-semente ou estacas e mudas. Normalmente o método mais utilizado é por ramas-semente, que consiste na retirada de uma ou duas estacas da parte mais nova da haste, por enraizarem com maior facilidade e posteriormente, planta-las. Outra forma, é pelo uso da própria raiz tuberosa, quando retirada da planta mãe, ocorre a formação de gemas para brotação. Por fim, as mudas são obtidas em viveiros através da brotação de gemas (NÓBREGA, 2015).

Condições para o desenvolvimento

A batata-doce é uma cultura de clima tropical e subtropical, porém, também pode ser cultivada em regiões de clima ameno. A temperatura é um dos principais fatores que afetam o crescimento e o desenvolvimento da cultura, influenciando no desenvolvimento das raízes tuberosas (produtividade) (SOMASUNDARAM; MITHRA, 2008; ERPEN, 2013). Apesar de tolerante a variação de temperatura, a cultura adapta-se melhor em regiões que oscilam entre 15° a 30°C, com temperatura média de 24 a 25°C.

Temperaturas amenas à noite favorecem o crescimento radicular, contudo abaixo de 10 a 15°C o crescimento da planta é retardado, podendo até ser paralisado (ERPEN et al., 2013; OLIVEIRA, 2013; ERTHAL; ZAMBERLAN; SALAZAR, 2018).

No estudo de Noh, Huh e Shin (2009), constatou-se que plantas de batata-doce tiveram o desenvolvimento afetado quando submetidas a temperaturas de 12°C, tendo redução da taxa de emissão de folhas, taxa de crescimento foliar e tamanho de raízes adventícias. Sabe-se que a exposição a baixas temperaturas é danosa, porém, altas temperaturas também causam prejuízos, sendo que acima de 34°C ocorre redução na taxa fotossintética. O crescimento vegetativo pode se manter até os 40°C, mas nessas condições no solo não ocorre crescimento das raízes tuberosas. Temperaturas elevadas atrasam ou impedem o início da tuberização (IT), por causa da lignificação das raízes adventícias (RAVI et al., 2009; ERPEN, 2013; ERPEN et al., 2013).

Após o IT, a produtividade depende da capacidade da parte aérea produzir e redistribuir fotoassimilados para as raízes. Por isso, altos níveis de radiação solar afetam positivamente a produtividade de raízes, sendo que essa variável é a fonte de energia para a fotossíntese. Quando combinada com temperaturas adequadas durante o crescimento das raízes tuberosas, contribui para elevação do rendimento de raízes (VILLORDON et al., 2010; ERPEN et al., 2013).

De acordo com Erpen et al. (2013), a batata-doce também pode ser afetada pelo fotoperíodo, existindo estudos que afirmam que dias curtos (cerca de 13 h) favorecem o crescimento radicular e promovem o florescimento. Enquanto que em dias longos inibem o florescimento e proporcionam maior desenvolvimento da parte aérea, com aumento da área foliar, comprimento das hastes e atraso da senescência.

Entretanto, pesquisas como as de Mortley et al. (2009), indicam que fotoperíodos longos promovam maior produtividade do que fotoperíodos curtos. Dessa forma, ainda não está claro o papel do fotoperíodo na dinâmica de indução e crescimento das raízes tuberosas na batata-doce, conforme citado por Ravi et al. (2009). Com relação a precipitação, a cultura deve ser implantada em regiões com média anual pluviométrica de 750 a 1.000 mm, sendo que 500 mm são exigidos no estágio inicial

(primeiras semanas após o plantio) (ERTHAL; ZAMBERLAN; SALAZAR, 2018; MAINO et al., 2019).

A cultura da batata, apresenta melhor crescimento e desenvolvimento das raízes em solos arenosos, por apresentar boa drenagem e pela ausência de alumínio tóxico. Solos mal drenados podem provocar a formação de raízes longas, denominadas de “raízes chicotes”, afetando a qualidade e a produtividade da cultura (NÓBREGA, 2015). A cultura responde bem à irrigação, mas é tolerante a seca, em virtude do seu sistema radicular profundo.

Fenologia

A fenologia é uma ferramenta para caracterizar os estádios de desenvolvimento da planta. Seu conhecimento permite identificar as necessidades vegetais e a execução das práticas agrícolas. As fases de desenvolvimento da batata-doce são classificadas em 2 etapas, sendo uma vegetativa, correspondendo à translocação das substâncias fotossintetizadas na parte aérea para as raízes e a outra reprodutiva, etapa de florescimento e produção de semente (importante para o melhoramento), possuindo 4 estádios de desenvolvimento (inicial, intermediário, final e regeneração) (FILGUEIRA, 2008; FREITAS, 2018), conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1. Divisão da fase vegetativa da batata-doce.

Semanas	Estádios	Descrições	Características
1	I – Inicial ou estabelecimento	Crescimento das	Plantio;
2		raízes adventícias/	Rápido crescimento das raízes;
3		absorventes e lento	Lento crescimento das ramas.
4		crescimento de ramas.	
5	II – Intermediário (formação de raízes tuberosas)	Desenvolvimento da	Início do desenvolvimento das raízes tuberosas;
6		parte aérea e início da	Intenso crescimento de ramas;
7		tuberização das	Aumento expressivo da área foliar.
8		raízes, com aumento no diâmetro de raízes adventícias.	
9	III- Final (aumento do tamanho das raízes tuberosas).	Enchimento das	Redução e fim do crescimento das ramas;
10		raízes tuberosas	Rápido crescimento das raízes tuberosas;
11		(acúmulo de	
12		fotoassimilado) e	

13	estabilização e	Transporte de substância das folhas
14	decréscimo da área	para as raízes;
15	foliar. Mudança da	Redução da área foliar;
	relação fonte/dreno.	Amarelecimento e queda das folhas
		velhas;
		Colheita.
---	IV - Regeneração	Raízes maduras podem emitir brotação.

Fonte: Adaptado de Van Fliert e Braun (1999).

O IT precoce, alta taxa de acúmulo de amido e longo período de acúmulo de reservas nas raízes, aumentam a produtividade (SOMASUNDARAM; MITHRA, 2008). A duração das fases fenológicas pode variar em função do ambiente e de suas condições. O surgimento das raízes adventícias ou absorventes pode iniciar ao 3º dia após o plantio (DAP) e cerca de 85% dessas raízes podem tornar-se tuberosas na 1ª semana após o plantio (SAP). O IT ocorre a partir da 4ª a 7ª SAP (VILLORDON et al., 2009; ERPEN, 2013).

Após o IT, as raízes crescem continuamente, não havendo momento específico para a colheita, uma vez que o manejo é influenciado pelo preço e tamanho dos tubérculos. A colheita pode ser iniciada aos 90 dias, mas geralmente, ocorre entre os 120 e 150 DAP (ERPEN et al., 2013). Durante o período de tuberização, a temperatura e a radiação solar tornam-se um fator limitante, e nesse estágio, a batata-doce é sensível tanto a baixas, quanto a altas temperaturas (SOMASUNDARAM; MITHRA, 2008; VILLORDON et al., 2009).

NITROGÊNIO E NECESSIDADES NUTRICIONAIS DA BATATA-DOCE

Apesar de ser uma cultura rústica e apresentar bons rendimentos em baixas fertilidades, há indícios que a batata-doce possa ser responsiva à adubação. Estudos apontam que a adubação balanceada afeta a qualidade e produção de raízes, pois, esses nutrientes estão envolvidos nos processos bioquímicos e fisiológicos da raiz (OLIVEIRA et al., 2017). Segundo o Boletim 200 (IAC, 2014), a adubação da batata-doce consiste na adubação de plantio ou implantação com Nitrogênio-Fósforo-Potássio (NPK), complementada com aplicações de cobertura de N e K, quando a dose de K for acima de 60 Kg ha⁻¹, após 30 dias do plantio. Segue abaixo na tabela 2, recomendações de

adubação, segundos estudos (RAIJ et al., 1997; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999; DADALTO; FULLIN, 2001; FILGUEIRA, 2008; IAC, 2014).

Tabela 2. Recomendação de adubação NPK para batata-doce.

Nutriente	Kg ha ⁻¹ (Plantio + Cobertura de 30 a 45 Dias Após o Plantio - DAP)				
	1	2	3	4	5
Nitrogênio	60	60	20	30	20-100
				+ 30	+ 20-30
Fósforo	60-100	60-180	40-90	80-140	40-100
					+ 60
Potássio	60-120	30-90	40-100	90-110	40-120

Fonte: Adaptado de 1) Raij et al. (1997); 2) Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999); 3) Dadalto e Fullin (2001); 4) Filgueira (2008); e 5) Boletim 200 (IAC, 2014).

Recomenda-se aplicar todo o P e metade do K e do N no plantio, e aos 45 DAP, realizar uma adubação de cobertura com N e K (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). Outros autores recomendam acompanhar a cultura, e aplicar N em cobertura apenas na visualização de sintomas de deficiência (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002; OLIVEIRA et al., 2006). Dessa forma, destaca-se que definir uma recomendação de nitrogênio para a cultura, constitui-se em um desafio, pois, apesar de ser um nutriente importante para as hortaliças, não existem uma recomendação adequada estabelecida para atingir altas produtividades (SANTOS NETO et al., 2017). O conhecimento da quantidade e exigência de nutrientes em geral, é de suma importância para estabelecer as doses e épocas de aplicação, que permitam sua disponibilização adequada para a cultura (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011).

A cultura da batata-doce demanda uma grande quantidade de nitrogênio durante seu ciclo de desenvolvimento, visto que de acordo com Ferreira (2017), este foi o nutriente mais acumulado nas raízes e parte aérea, seguido por elementos como K e Ca, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Echer, Dominato e Creste (2009), divergindo, contudo, de Miranda et al. (1995), cuja sequência de exportação de nutrientes obedece a escala decrescente: Potássio > Nitrogênio > Fósforo > Cálcio > Magnésio (K > N > P > Ca > Mg).

As folhas terão o maior aporte de nutrientes na primeira metade do ciclo da cultura, passando estes para as raízes quando elas iniciarem o enchimento. Altas taxas

de N, e baixas de K geram um desequilíbrio no enchimento das raízes. A relação entre K e N é muito importante por inúmeros fatores, incluindo o crescimento das raízes (NUNES, 2017; FIGUEIREDO, 2019). Doses altas de N, podem causar lignificação e até impedir a produção de raízes. Sendo assim, a absorção de K pela batata-doce é inicialmente baixa (60 dias), aumentando e gerando acúmulo quase total na parte aérea (90 dias), sendo redistribuído para as raízes tuberosas posteriormente (120 a 150 dias). Contudo, alguns estudos, com destaque para N e K, afirmam que a absorção apresentou altas taxas a partir da 8ª semana (56 DAP) (ECHER; DOMINATO. CRESTE, 2009).

Segundo dados de Miranda et al. (1995), para uma produtividade de 10 a 15 t ha⁻¹ de batata-doce, há uma extração de 60 a 113 Kg de N; 20 a 45 Kg de P₂O₅; 100 a 236 Kg de K₂O; 31 a 35 Kg de CaO e 11 a 13 Kg de MgO. E para uma produtividade de 30 t ha⁻¹, a extração é em torno de 129 Kg de N; 50 Kg de P₂O₅ e 257 Kg de K₂O. Em caso de altos teores de matéria orgânica a adubação nitrogenada pode ser suspensa.

Em seu estudo, Ferreira, (2017), verificou que a maior taxa de acúmulo de N na batata-doce foi atingida aos 180 dias após o transplante (DAT), alcançando 437,40 kg ha⁻¹, mesma época do máximo acúmulo de N nas raízes, com valor de 57,00 kg ha⁻¹. De acordo com Filgueira (2008), a batata-doce é pouco responsiva à adubação nitrogenada. Contudo, os resultados de Echer, Dominato e Creste (2009), reportam um acúmulo de 350 kg ha⁻¹ de N na biomassa total, sendo 129 Kg ha⁻¹ desses, correspondentes ao volume exportado pelas raízes tuberosas.

Dinâmica do nitrogênio na batata-doce

A batata-doce é influenciada pela adubação nitrogenada, tanto em qualidade, quanto em produtividade da raiz, podendo ocorrer alteração nos teores de amido, açúcares redutores e totais (ALVES et al., 2009). Porém, não é conhecida uma quantidade adequada para a cultura, tornando o manejo limitado (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002). Sendo assim, a elevada exigência, se deve ao papel estrutural do N na cultura, participando da composição de vários compostos orgânicos, como aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, enzimas e coenzimas,

vitaminas, hexosaminas, glico e lipoproteínas, pigmentos e produtos secundários de processos bioquímicos envolvidos na absorção iônica, fotossíntese, respiração, síntese, multiplicação e diferenciação celular e também constituinte da molécula de clorofila (TAIZ et al., 2017).

Cerca de 50 a 70% do N total da folha é integrante de enzimas associadas a cloroplastos (QUADROS et al., 2010), além de ser componente estrutural do anel tetrapirrólico da molécula de clorofila, responsável pela fotossíntese, e consequentemente, pela síntese de carboidratos (TAIZ et al., 2017). O N é o maior responsável pelo desenvolvimento vegetativo da planta, refletindo no índice de área foliar. O elemento é absorvido principalmente nas formas de NO_3^- e NH_4^+ (minerais), encontradas disponíveis no solo. Na adubação, recomenda-se ter cautela na aplicação de N, pois estima-se que em alguns casos, menos de 50% do N é recuperado pelas plantas (BRAUN et al., 2013; ROSADO et al., 2016). Vários são os fatores que afetam a absorção de N pela planta, como produtividade, cultivar, manejo, fonte do nutriente e condições edafoclimáticas (PÔRTO et al., 2012). A definição da dose adequada, esbarra em aspectos técnicos e fisiológicos. Em caso de excesso de N, existe risco de perdas por lixiviação, além de aumento dos custos de produção.

Na batata-doce, fisiologicamente, o excesso de N promove crescimento demasiado da parte aérea, com alta produção de massa verde e formação de raízes adventícias, acarretando em baixa produtividade de raízes tuberosas (OLIVEIRA et al., 2005; ALVES et al., 2009). Em contrapartida, a deficiência de N na batata-doce pode comprometer a produtividade, tamanho de raízes comerciais, crescimento vegetativo e acúmulo de amido nos tecidos de reserva, além de encurtar a parte aérea, reduzir a fotossíntese e os fotoassimilados, e afetar negativamente atributos comerciais como textura e firmeza da polpa de raízes tuberosas (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002; BANDEIRA, 2016).

Para a maioria das hortaliças tuberosas, o K é um dos nutrientes mais extraídos, atuando na translocação dos carboidratos, regulação da abertura e fechamento estomático, e na eficiência do uso da água. Contudo, para a batata-doce, o N pode ser um limitante, quando manejado de forma incorreta (FOLONI et al., 2013; TAIZ; ZEIGER,

2013; NUNES, 2017). Dessa forma, o déficit de N e K no solo podem provocar a senescência acelerada das folhas, baixa produtividade e tamanho das raízes, declínio no crescimento vegetativo, redução da taxa de acúmulo de amido e alteração da consistência e textura da polpa (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002; ALVES et al., 2009; FOLONI, 2013). Além disso, o K e o N estão correlacionados, pois o K também potencializa a adubação nitrogenada, contribuindo para qualidade das raízes tuberosas e alterando os teores de sólidos solúveis (CORREA et al., 2014). Sendo assim, a suplementação balanceada de N e K aumenta a resposta de ambos, porém em caso do não fornecimento de um desses elementos no solo deficiente, pode ocorrer decréscimo do outro. Segundo Foloni et al. (2013) e Figueiredo (2019), a adubação associada de N e K, pode contribuir para a redução de tubérculos comerciais.

Relação do amido com o nitrogênio

A respeito da composição química das raízes de batata-doce, Antonio et al. (2011) e Duan et al. (2019), indicam que a cultura é rica em carboidratos, especialmente o amido, variando o teor entre 13 a 29%. A batata fresca apresenta de 16 a 40% de matéria seca, onde 75 até 90% desse total pode ser composto de carboidratos, como amido, açúcares, celulose, pectina e hemicelulose.

O amido é uma das formas de reservas mais comuns em plantas, sendo este carboidrato composto por grânulos de amilose e amilopectina (ANTONIO et al., 2011). Estes podem sofrer mudanças como dissolução e gelatinização, sendo causadas pelas taxas de água/amido, calor, morfologia, amilase/amilopectina, tamanho e formato do grânulo de amido, dentre outros.

Em seu estudo, Duan et al. (2019), analisaram os compostos físico-químicos do amido de forma isolada em relação a adubação nitrogenada. Para isso foram adotadas três doses de N (0; 75; e 150 kg ha⁻¹), e avaliou-se o conteúdo de amido, seu isolamento, conteúdo de amilose, propriedades de cola, distribuição do tamanho de partícula e propriedades térmicas. Como resultados, encontrou-se efeitos do N no conteúdo de amido, amilose e na viscosidade. A dose de 75 kg ha⁻¹, apresentou efeito positivo na

matéria seca e aumento do teor de amido nas raízes, sendo indicada pelos autores, na condição do experimento.

Na pesquisa de Noda et al. (1996), empregando-se quatro cultivares de batata-doce (duas de polpa roxa e duas de polpa amarela), buscou-se identificar se a aplicação de NPK afeta o amido. Para tal, analisou-se variáveis, como o tamanho de grânulo de amido, conteúdo de amilose, digestão enzimática do amido e viscosidade. As variedades de polpa roxa tiveram maiores concentrações de amido e menores taxas de amilose, no entanto, foram digeridas com maior facilidade. As cultivares de polpa amarela, apresentaram maior conteúdo de amilose e tiveram maior dificuldade em ser digeridas. Com isso, os autores indicaram uma relação entre os teores de amilose, tamanho de grânulo de amido e a digestão. No entanto, essas propriedades não responderam às doses de NPK, levando os autores a indicar que as propriedades do amido estão mais relacionadas com as cultivares, do que com a adubação empregada.

De acordo com Bandeira (2016), os teores de glicose nos tubérculos de batata-doce podem variar conforme a dose e a fonte nitrogenada, onde quanto mais altas as doses, menores podem ser os teores de glicose. Em seu estudo, o autor constatou baixa concentração de glicose nos tubérculos, tanto para adubação orgânica com esterco bovino (15 t ha^{-1}), quanto mineral (100 kg N ha^{-1}), no entanto, observou-se um aumento na concentração de amido, atingindo valores de 38 e 47%, acima do máximo indicado por Antonio et al. (2011).

A adubação orgânica com esterco caprino e bovino (50 t ha^{-1}) também resultou em incremento de amido na cultura (17,3 e 15,4% respectivamente) no estudo realizado por Oliveira et al. (2013). No entanto, os resultados não foram tão significativos quanto no estudo de Bandeira (2016). Dessa forma, vale ressaltar que a modificação do material de origem e a época de colheita dos tubérculos pode afetar os resultados relacionados ao teor de amido. A concentração de amido também é afetada pela adubação convencional com ureia. Em um estudo realizado por Oliveira et al. (2005), com a cultivar Rainha Branca, foram obtidas altas produtividades de raízes ($18,8 \text{ t ha}^{-1}$) com doses de 339 kg N ha^{-1} , porém a concentração de amido reduziu conforme

aumentou a dose de nitrogênio. Esse estudo também apontou que o teor de glicose aumentou até um determinado teor de nitrogênio (187 kg N ha⁻¹).

Alternativas para manejo do nitrogênio com bactérias fixadoras de nitrogênio

Apesar da adubação nitrogenada ser costumeiramente realizada com a utilização de fontes solúveis, como uréia e sulfato de amônio, há uma tendência em se utilizar fontes alternativas, dentre elas, fontes biológicas e orgânicas dentro dos sistemas de produção agrícola, contribuindo para a redução de custos e de efeitos ambientais adversos (SANTOS, 2013). Um dessas fontes é o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio, que são relativamente bem estudadas em espécies leguminosas como soja, feijão, amendoim e afins (SANTOS et al., 2017). Entretanto, em culturas tuberosas, existem poucos estudos explorando o potencial de uso de micro-organismos associativos que fixem ou melhoram a absorção deste nutriente.

Em seu estudo, Asis Jr e Adachi (2003), isolaram e identificaram bactérias diazotróficas endofíticas denominadas de *Pantoea agglomerans*, nas ramas de uma cultivar japonesa de batata-doce. Com base no método de abundância natural do ¹⁵N, estima-se que a quantidade de N derivado da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) na cultura, varia entre 26 e 44%, e pode-se verificar elevada absorção de N mesmo sem uso de fertilizante nitrogenado.

Com o mesmo objetivo, Yonebayashi et al. (2014), por meio do método de abundância natural de ¹⁵N, calcularam a taxa de contribuição da FBN por micro-organismos endofíticos em cultivares japonesas de batata-doce 'Beniazuma' e 'Benikomachi,' que foi estimada em 77 e 36%, respectivamente, aos 120 dias após o transplante.

Ainda, o uso da bactéria *Azospirillum brasiliense* tem sido estudado em diversas culturas devido à sua capacidade de FBN. No estudo de Mortley e Hill (1990), observou-se que a inoculação de batata-doce com *Azospirillum* promoveu acréscimos de 5 a 12% e 17 a 22% na produtividade total e comercial, respectivamente, nas safras de 1984 e 1985. Observou-se ainda, que a maior produtividade de raízes tuberosas era

acompanhada por um menor rendimento foliar, indicando que o inoculante promove um melhor enchimento de raízes tuberosas em detrimento do crescimento foliar. Verificou-se também aumento do teor de N nas raízes e folhas, quando a inoculação foi realizada acompanhada de 40 kg ha⁻¹ de fertilizante nitrogenado.

No estudo de Saad et al. (1999), verificou-se que plantas inoculadas com o gênero *Azospirillum* apresentaram crescimento vegetativo mais vigoroso, elevado teor de N foliar e nas raízes tuberosas, além de produtividade de tubérculos igual ou superior às plantas que receberam fertilização nitrogenado convencional. Entretanto, a associação com *Azospirillum* foi mais efetiva quando complementada com fertilizante nitrogenado, com 1/3 da dose recomendada na fase inicial da cultura, fase que antecede os efeitos do *Azospirillum* na planta.

No estudo de Terakado-Tonooka, Fujihara e Ohwaki (2013), com o uso de fontes biológicas, os autores identificaram maior atividade de nitrogenase na batata-doce inoculada com a bactéria do gênero *Bradyrhizobium* em função das não inoculadas, indicando uma possível contribuição na fixação de N por essa bactéria na cultura.

Outras espécies de bactérias foram isoladas em estudos com o mesmo foco, como as bactérias dos gêneros *Gluconacetobacter* e *Burkholderia*, conforme Moreira et al. (2010), demonstrando a gama de possibilidades de manejo para o N com a utilização de bactérias diazotróficas. Essas bactérias são consideradas promotoras do crescimento tanto pela sua capacidade de promover a FBN, quanto pela liberação de substância que favorecem o desenvolvimento radicular. Entretanto, a inexistência de dados mais conclusivos sobre seu uso, dificulta o emprego comercial da técnica.

Adubação orgânica como fonte de nitrogênio

Os estudos encontrados em relação à adubação nitrogenada na cultura da batata-doce são controversos, pois não se tem uma dose adequada para ser usado nessa cultura, além de existir grande divergência nas respostas encontradas. Assim, de acordo com Tiecher (2016), o uso de plantas leguminosas para cobertura, também pode ser considerada uma opção para melhorar características do solo com baixa fertilidade

natural, relatando resultados semelhantes à adubação química com a utilização de certas espécies de plantas de cobertura.

Outra forma de adubação é a orgânica por meio do uso de esterco bovino ou caprino. Oliveira et al. (2013), aponta que as raízes colhidas neste sistema de cultivo são de melhor qualidade e ainda apresentaram valores nutricionais superiores. Rós, Narita e Hirata (2014), em um experimento com esterco de aves isolado e em associação com a adubação mineral, constataram que o uso de esterco de aves isolado ou em associação, resultaram em aumento de produtividade total e comercial. O estudo ainda mostrou que a aplicação combinada de adubação orgânica e mineral favorece a absorção de nutrientes pela cultura.

No estudo de Leonardo et al. (2014), observou-se aumento na eficiência das doses de nitrogênio mineral com a adição de 20 t ha⁻¹ de esterco bovino, atingindo maior produtividade de raízes comerciais com a dose de 243,75 kg ha⁻¹ de N. Para Pereira Júnior (2008), a adubação com esterco bovino na batata-doce pode ser feita de forma parcelada, aplicando-se 1/3 da dose no plantio, 1/3 aos 30 DAP e 1/3 aos 60 DAP, ou metade aos 30 DAP e metade aos 60 DAP.

Portanto, as informações desta seção, juntamente as demais seções do trabalho descrevem algumas possibilidades de manejar a adubação na cultura da batata-doce com foco no manejo do N, contudo, conforme citado, as recomendações e resultados consolidados nesta cultura ainda são escassos, visto que o número de pesquisas com este objetivo também é reduzido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura da batata-doce é altamente exigente por N, entretanto, a variabilidade nas respostas em função da adubação nitrogenada, podem estar relacionadas à elevada capacidade de FBN que alguns micro-organismos endofíticos ou associativos possuem, fornecendo à cultura grandes doses de N, mesmo sob solos pobres.

Reforçando os objetivos do estudo, foi possível compreender melhor a dinâmica do N na cultura, contudo, conforme mencionado em diversos momentos as respostas e

as recomendações de adubação nitrogenada mineral na cultura são escassas e/ ou ainda não consolidadas. Conforme os estudos levantados, a inoculação com bactérias fixadoras de N pode gerar resultados positivos na cultura, bem como o uso de fontes orgânicas/ biológicas, porém, a relação entre o N fornecido pela adubação e às bactérias fixadoras ainda não está bem definida.

Portanto, este trabalho permita compreender e entrelaçar as informações disponíveis no momento sobre adubação nitrogenada na cultura da batata-doce, porém, mais pesquisas são necessárias para compreender completamente o processo de FBN na cultura, e se esta tem potencial para substituir a adubação nitrogenada convencional, ou ainda, quanto de N na forma mineral ou orgânica poderia ser fornecido aumentando a produtividade sem prejudicar a FBN.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. U.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. N. P.; CARDOSO, E. A.; MATOS, B. F. Manejo da adubação nitrogenada para a batata doce: Fontes e parcelamento de aplicação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.6, p.1554-1559, 2009.

ANTONIO, G. C.; TAKEITI, C. Y.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. Sweet potato: Production, morphological and physicochemical characteristics, and technological process. **Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology**, v.2, n.5, p.1-18, 2011.

ASIS JR, C. A.; ADACHI, K. Isolation of endophytic diazotroph *Pantoea agglomerans* and nondiazotroph *Enterobacter asburiae* from sweetpotato stem in Japan. **Letters in Applied Microbiology**, v. 38, n. 1, p. 19-23, 2004.

AUSTIN, D. F. The taxonomy, evolution and genetic diversity of sweet potatoes and related wild species. In: SWEET POTATO PLANNING CONFERENCE, 1., 1987, Lima. **Anais....** Lima: CIP, 1987, p.27-59.

BANDEIRA, N. V. S. **Produção e qualidade da batata doce em função de biofertilizante e fontes de nitrogênio**. 2016. 54 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2016.

BETEMPS, C.; PINTO, L. E. **A batata-doce ganha espaço à mesa no inverno, mas é preciso atenção ao sistema de produção da cultura**. Brasília: Embrapa, 2015.

BRAUN, H.; COELHO, F. S.; SILVA, M. C. C.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; BUSATO, C. Absorção, metabolismo e diagnóstico do estado de nitrogênio em plantas de batata. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.56, n.3, p.185-195, 2013.

CAVALCANTE, R. R. **Características produtivas de genótipos de batata doce em função de doses de fósforo em solos de terra firme no município de Careiro – AM**. 2016. 45f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Tocantins, Gurupi, 2016.

CORREA, C. V.; GOUVEIA, A. M.; MORENO, L. A.; TAVARES, A. E. B.; EVANGELISTA, R. M.; CARDOSO, A. I. I. Conservação de raízes de batata doce em função da adubação potássica. In: WORKSHOP SOBRE TECNOLOGIAS EM AGROINDÚSTRIAS DE TUBEROSAS TROPICAIS. 10., 2014. Botucatu. **Anais...** Botucatu: CERAT/ UNESP, 2014.

DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. Vitória: SEEA/ INCAPER, 2001. 275p.

DIAS, C. T.; RUSSO, S. L.; Estudo da batata doce utilizando mapeamento de prospecção tecnológica. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO EM CADEIAS PRODUTIVAS DO AGRONEGÓCIO, 2., 2016, Caxias do Sul. **Anais...** Caxias do Sul, 2016. p.1-6.

DUAN, W.; ZHANG, H.; XIE, B. WANG, B.; ZHANG, L. Impacts of nitrogen fertilization rate on the root yield, starch yield and starch physicochemical properties of the sweet potato cultivar Jishu 25. **Plos One**, Shandong, v.14, n.8, p.1-11, 2019.

ECHER, F. R. **Nutrição e adubação da batata doce**. Presidente Prudente: Universidade do Oeste Paulista, 2015.

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, 2009.

ERPEN, L. **Modelagem do desenvolvimento e produtividade de batata doce**. 2013. 69f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

ERPEN, L. STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; FREITAS, C. P. O.; ANDRIOLO, J. L. Tuberização e produtividade de batata doce em função de datas de plantio em clima subtropical. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.4, p.396-402, 2013.

ERTHAL, E. S.; ZAMBERLAN, J. F.; SALAZAR, R. F. S. A batata-doce (*Ipomoea batatas*) como biomassa alternativa para a produção de biocombustíveis frente aos combustíveis fósseis. **Ciência e Tecnologia**, v.2, n.1, p.44-63, 2018.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. **FAOSTAT**. 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org.site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 14 fev 2020.

FERNANDES, A. M.; LEONEL, M.; GARCIA, E. L. **Influência da adubação verde e nitrogenada na nutrição foliar da batata doce**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. Anais.... Natal: CBCS, 2015. p.1-4.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B.L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I – Macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.35, p.2039-2056, 2011.

FERREIRA, M. A. M. Crescimento e acúmulo de nutrientes na cultura da batata-doce. 2017. 53f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2.ed. Viçosa: UFV, 2003. 412p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed. Viçosa: UFV, 2008.

FIGUEIREDO, R. T. **Manejo da adubação potássica na cultura da batata-doce**. 2019. 107f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2019.

FOLONI, J. S. S.; CORTE, A. J.; CORTE, J. R. N.; ECHER, F. R.; TIRITAN, C. S. Adubação de cobertura na batata doce com doses combinadas de nitrogênio e potássio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.1, p.117-126, 2013.

FREITAS, T. G. G. **Produção e qualidade pós-colheita de batata doce cultivada no semiárido nordestino**. 2018. 128f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2018.

IAC - INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Boletim 200**: Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 7.ed. Campinas: IAC, 2014. 460p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Séries estatísticas, tema lavouras temporárias, 1990-2014**. Brasil: IBGE, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola – Lavoura Temporária: Batata-doce**. Brasil: IBGE, 2020.

-
- KOBAYASHI, M. The *Ipomoea trifida* complex closely related to sweet potato. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF TROPICAL ROOT CROPS, 6., 1984, Lima. **Anais....** Lima: CIP, 1984. p.561-568.
- LEONARDO, F. D. A. P.; OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, W. E.; SILVA, O. P. R.; BARROS, J. R. A. Rendimento da batata-doce adubada com nitrogênio e esterco bovino. **Revista Caatinga**, v.27, n.2, p.18-23, 2014.
- MAINO, S. C.; SEABRA JÚNIOR, E.; POZZO, D. M.; SANTOS, R. F.; SIQUEIRA, A. J. C. Batata doce (*Ipomoea batata*) dentro do contexto de culturas energéticas, uma revisão. **Revista Brasileira Energias Renováveis**, v.8, n.4, p.629-638, 2019.
- MARQUES, K. R. **Reação de genótipos de batata-doce à isolados locais de *Plenodomus destruens* Harter, agente causal do Mal-do-pé**. 2015. 57f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2015.
- MIRANDA, J. E. C.; FRANÇA, F. H.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, A. F.; PEREIRA, W.; LOPES, C. A.; SILVA, J. B. C. **A cultura da batata doce**. Brasília: Embrapa - CNPH, 1995. 94p.
- MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: Diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v.1, n.2, p.74-99, 2010.
- MORTLEY, D. G.; BURRELL, S.; BONSI, C. K.; HILL, W. A.; MORRIS, C. E. Influence of daily light period and irradiance on yield and leaf elemental concentration of hydroponically grown sweet potato. **HortScience**, v.44, p.1491-1493, 2009.
- MORTLEY, D. G.; HILL, W. A. Sweetpotato growth and nitrogen content following nitrogen application and inoculation with *Azospirillum*. **HortScience**, v.25, n.7, p.758-759, 1990.
- NEUNFELD, T. H. **Produtividade e qualidade de acessos de batata-doce**. 2019.115f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2019.
- NÓBREGA, D. S. **Desempenho agrônômico, parâmetros genéticos e reação de clones de batata doce aos insetos de solo e aos nematoides de galha (*Meloidogyne spp.*)**. 2015. 120f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- NODA, T.; TAKAHATA, Y.; SATO, T.; ILOMA, H.; MOCHIDA, H. Physicochemical properties of starches from purple and orange fleshed sweet potato roots at two levels of fertilizer. **Wiley Online Library**, v.48, p.11-12, 1996.

NOH, S. A.; HUH, G. H.; SHIN, J. S. Growth retardation and differential regulation of expansin genes in chilling-stressed sweetpotato. **Plant Biotechnol Reports**, v.3, p.75-85, 2009.

NUNES, A. S. **Produção e qualidade da batata doce em função de fontes e doses de potássio**. 2017. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

NUNES, H. F. **Batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] nas roças e quintais do litoral paulista: Diversidade genética morfoagronômica, com base em morfometria geométrica, descritores e produção de bioetanol**. 2016. 128f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.

OLIVEIRA, A. M. S. **Produção de clones de batata-doce em função do ciclo de cultivo**. 2013. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

OLIVEIRA, A. P.; GONDIM, P. C.; SILVA, O. P. R.; OLIVEIRA, A. N. P.; GONDIM, S. C.; SILVA, J. A. Produção e teor de amido da batata doce em cultivo sob adubação com matéria orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v.7, n.8, p.830-834, 2013.

OLIVEIRA, A. P.; MOURA, M. F.; NOGUEIRA, D. H.; CHAGAS, N. G.; BRAS, M. S. S.; OLIVEIRA, M. R. T.; BARBOSA, J. S. Produção de raízes de batata doce em função do uso de doses aplicadas no solo e via foliar. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.3, 2006.

OLIVEIRA, A. P.; OLIVEIRA, M. R. T.; BARBOSA, J. A.; SILVA, G. G.; NOGUEIRA, D. H.; MOURA, M. F.; BRAZ, M. S. S. Rendimento e qualidade de raízes de batata-doce adubada com níveis de uréia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.925-928, 2005.

OLIVEIRA, L. O. F.; SOARES, E. R.; QUEIROZ, S. F.; MATÍNEZ, E. O.; SILVA, M. S.; NOGUEIRA, A. E.; FERREIRA, E. S.; VEZZARO, A. F. G. S. Adubação e nutrição da batata-doce: Uma revisão. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, Ariquemes, v.8, n.2, p.70-90, 2017.

PEREIRA, C. S.; MONTEIRO, E. B.; BOTIN, A. A.; MANHAGUANHA, T. J.; BRAULINO, D. Diferentes vias, formas e doses de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* na cultura da soja. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.9, n.1, p.56-67, 2016.

PEREIRA JÚNIOR, L. R. Parcelamento do esterco bovino na produção de batata-doce. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.3, n.3, p.12-16, 2008.

PÔRTO, M. L.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. **Bragantia**, v.71, n.2, p.190-195, 2012.

QUADROS, B. R.; SILVA, E. S.; BORGES, L. S.; MOREIRA, C. A.; MORO, A. L.; BÔAS, R. L. V. Doses de nitrogênio na produção de rabanete fertirrigado e determinação de clorofila por medidor portátil nas folhas. **Irriga**, Botucatu, v.15, n.4, p.353-360, 2010.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 285p.

RAVI, V.; NASKAR, S. K.; MAKESHKUMAR, T.; BABU, B.; KRISHNAN, B. S. P. Molecular physiology of storage root formation and development in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Journal of Root Crops**, v.35, n.1, p.1-27, 2009.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 180p.

RÓS, A. B.; NARITA, N.; HIRATA, A. C. S. Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e químicas de solo em função de adubação orgânica e mineral. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.1, p.205-214, 2014.

ROSADO, A. K. H. B. **Crescimento e produção de batata-doce em função de doses de nitrogênio, espaçamentos e número de ramos por cova**. 2016. 76f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

ROULLIER, C.; DUPUTIÉ, A.; WENNEKES, P.; BENOIT, L.; FERNÁNDEZ BRINGAS, V. M.; ROSSEL, G.; TAY, D.; MICKEY, D.; LEBOT, V. Disentangling the origins of cultivated sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) **PloS on**, San Francisco, v.8, n.5, 2013a.

ROULLIER, C.; KAMBOUO, R.; PAOFA, J.; MICKEY, D.; LEBOT, V. On the origin of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) genetic diversity in New Guinea, a secondary centre of diversity. **Heredity**, Edinburgh, v.110, n.6, p.594-604, 2013b.

SAAD, M. S.; SABUDDIN, A. S. A.; YUNUS, A. G.; SHAMSSUDDIN, Z. H. Effects of Azospirillum inoculation on sweetpotato grown on sandy tin-tailing soil. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 30, n. 11-12, p. 1583-1592, 1999.

SANTOS NETO, A. R.; SILVA, T. O.; BLANK, A. F.; SILVA, J. O.; ARAUJO FILHO, R. N. Produtividade de clones de batata doce em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.445-452, 2017.

SANTOS, D. M. S.; BUSH, A.; SILVA, E. R.; ZUFFO, A. M.; STEINER, F. Bactérias fixadoras de nitrogênio e molibdênio no cultivo do amendoim em solo do cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v.4, p.84-92, 2017.

SANTOS, S. S. **Emissões de NH₃ e N₂O de composto orgânico e outras fontes de N aplicadas em sistema de produção de beterraba e alface**. 2013. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Cultura da batata doce. In: CEREDA, M. P. **Agricultura: Tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p.448-504.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. **Batata doce (*Ipomoea batatas*)**. Brasil: Embrapa Hortaliças, 2008.

SOMASUNDARAM, K.; MITHRA, V. S. Madhuram: A simulation model for sweet potato growth. **World Journal of Agricultural Sciences**, v.4, p.241-254, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 952p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TERAKADO-TONOOKA, J.; FUJIHARA, S.; OHWAKI, Y. Possible contribution of Bradyrhizobium on nitrogen fixation in sweet potatoes. **Plant and soil**, v.367, n.1-2, p.639-650, 2013.

TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do Sul do Brasil**: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre: UFRGS, 2016. 186p.

VAN DE FLIERT, E.; BRAUN, A. **Farmer field school for integrated crop management of sweet potato**: Field guides and technical manual. Lima: International Potato Center, 1999. 266p.

VILLORDON, A.; LABONTE, D. R.; FIRON, N.; KFIR, Y.; PRESSMAN, E. SCHWARTZ, A. Characterization of adventitious root development in sweet potato. **Horticultural Science**, v.44, p.651-655, 2009.

VILLORDON, A.; SOLIS, J.; LABONDE, D.; CLARK, C. Development of a prototype bayesian network model representing the relationship between fresh Market yield and some agro climatic variables know to influence storage root initiation in sweet potato. **HortScience**, v.45, p.1167-1177, 2010.

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, E. S.; CASTRO, L. A. S.; RAPHAELLI, C. O.; KROLOW, A. C. Composição mineral em genótipos de batata-doce de polpas coloridas e adequação de consumo para grupos de risco. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.21, p.1-8, 2018.

YONEBAYASHI, K.; KATSUMI, N.; NISHI, T.; OKAZAKI, M. Activation of nitrogen-fixing endophytes is associated with the tuber growth of sweet potato. **Mass Spectrometry**, v.3, n.1, 2014.

Tatiani Mayara Galeriani – Graduada em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestranda em Agronomia – Agricultura pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Currículo lattes completo em: <http://lattes.cnpq.br/6037313097617201>. Registro Orcid em: <https://orcid.org/0000-0001-5097-0062>.

Sirlene Lopes de Oliveira – Graduada em Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas (IFNMG). Mestranda em Agronomia – Agricultura pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Currículo lattes completo em: <http://lattes.cnpq.br/3437935130475033>. Registro Orcid em: <https://orcid.org/0000-0003-4830-8461>.

Valkiria Luisa Borsa Piroli – Graduada em Agronomia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestranda em Agronomia – Agricultura pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Currículo lattes completo em: <http://lattes.cnpq.br/7018836774304048>.

Mariane Pereira Riceto – Graduada em Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM). Mestranda em Agronomia – Proteção de Plantas pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Currículo lattes completo em: <http://lattes.cnpq.br/1565725646955789>.

Bruno Marcos Nunes Cosmo – Graduado em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestrando em Agronomia – Irrigação e Drenagem pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Currículo lattes completo em: <http://lattes.cnpq.br/5681872370469923>. Registro Orcid em: <https://orcid.org/0000-0003-3252-5349>.

Recebido para publicação em 17 de Junho de 2020.

Aceito para publicação em 07 de Setembro de 2020.

Publicado em 06 de Outubro de 2020.