

Seleção de índices para o diagnóstico do estado de nitrogênio de batata-semente básica

Marialva Alvarenga Moreira^{1*}, Paulo Cezar Rezende Fontes¹, Paulo Roberto Cecon² e Roberto Fontes Araújo³

¹Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs, s/n, 31570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ²Departamento de Estatística, Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ³Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: mam@vicosa.ufv.br

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi selecionar índices para diagnóstico do estado de nitrogênio de batata-semente básica em vaso e determinar valor crítico de cada índice selecionado. Os índices, medidos na quarta folha (QF) e folha velha, aos 60 dias após o plantio, foram: intensidade do verde (determinado por tabela de cor e SPAD); área, comprimento, largura, número de folíolos, matéria fresca e seca; teor N-NO₃ na seiva do pecíolo e N na matéria seca. Foram realizados três experimentos em vaso, em casa de vegetação, Universidade Federal de Viçosa. Em cada experimento utilizou-se um material de propagação que foi tubérculo-semente, mini-tubérculo e broto e foram avaliadas seis doses de N (0; 25; 50; 100; 200 e 400 mg dm⁻³), sendo 10% de cada dose aplicada em pré-plantio e o restante via água de irrigação, diariamente por 30 dias. Cada experimento foi instalado no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A colheita dos tubérculos ocorreu quando a planta estava totalmente seca. O índice SPAD, teor nitrato na seiva e massa seca na QF correlacionaram significativamente com conteúdo de N na planta sendo o valor crítico variável com o material de propagação.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., propagação, nível crítico.

ABSTRACT. Selection of indexes for the diagnosis of nitrogen state of basic seed potato. The objective of this study was to select indexes for the diagnosis of nitrogen status of basic seed potato planted in pot and to determine the critical value of each index. The indexes, determined in the fourth leaf (QF) and old leaf, at 60 days after planting, were: green intensity (determined by color chart and SPAD), area, length, width, leaflet numbers, fresh and dry weight, N-NO₃ contents in the petiole sap and N in the dry matter. Three experiments were set in pot containing substrate in a greenhouse, at University Federal of Viçosa. In each experiment it was utilized one propagation material as tuber seed, mini-tuber and sprout and were evaluated six nitrogen rates (0, 25, 50, 100, 200 and 400 mg dm⁻³), being 10% of each rate applied at pre-planting time and the remainder was daily applied via irrigation water for 30 days. Each experiment was set in randomized block design with four replications. The final tuber harvest occurred when the plant was completely senescent. SPAD index, N-NO₃ contents in the sap and dry matter in the QF significantly correlated with plant N contents and reached different critical values depending upon the propagating material.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., propagation, critical level.

Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é cultivada em centenas de países onde, para apresentar alta produtividade e máximo retorno econômico, necessita receber nutrientes. Dentre os mesmos destaca-se o nitrogênio (N) pela quantidade exigida e funções que exerce na planta. A fertilização com N aumenta a produção de tubérculos de batata (BÉLANGER et al., 2000; MEYER; MARCUM, 1998) e otimiza a qualidade dos tubérculos (WU et al., 2007). Dose reduzida de N pode resultar em baixa produtividade e

tubérculos pequenos, devido à reduzida área foliar (ALVA et al., 2002). Por outro lado, dose excessiva de N favorece o crescimento excessivo das folhas, retarda a maturação do tubérculo, reduz a qualidade (ERREBHÍ et al., 1998) e o teor de massa da matéria seca dos tubérculos.

Atualmente, no Brasil, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), pela instrução de serviço Número 02/05, no processo de certificação, a batata-semente genética é aquela proveniente de material de reprodução sob a

responsabilidade e controle direto de seu obtentor ou introdutor. A partir da semente genética tem-se a semente básica que pode ser multiplicada por até quatro gerações: G0 (muda, planta *in vitro* e mini-tubérculo), G1 (primeira colheita em campo), G2 (segunda colheita em campo) e G3 (terceira colheita em campo).

A produção de batata-semente é realizada segundo método convencional de produção de tubérculos-sementes básica em campo. Esse método apresenta como desvantagem a baixa eficiência produtiva, em razão dos baixos índices de multiplicação de tubérculos por planta. No solo, são produzidos, em média 3 a 5 tubérculos por planta, o que contribui para a elevação do custo da semente (DANIELS et al., 2000). Como alternativa ao método de produção de tubérculos-sementes no solo, no campo, há o método de plantio em vasos contendo substrato, em ambiente protegido.

O plantio em vaso com substrato apropriado visando à produção de batata-semente básica tem sido utilizado por permitir melhor aproveitamento dos nutrientes, maior produtividade e melhor qualidade do produto (GRIGORIADOU; LEVENTAKIS, 1999). O substrato serve de suporte para as plantas, podendo ainda regular a disponibilidade de nutrientes para as raízes. O substrato é acondicionado em recipiente, de volume variado, como saco plástico, vaso, bandeja, dentre outros.

A dose de N recomendada para a cultura, em condição de campo, é variável. Essa variação ocorre devido a diversos fatores, dentre os quais o critério utilizado para defini-la, cultivar plantada, modo de aplicar o fertilizante, quantidade de matéria orgânica do solo, teor de N mineral ou de N-NO₃ no solo, potencial de produção da cultura, dentre outros. Normalmente, a dose de N aplicada na cultura é baseada em recomendação geral, raramente ajustada pela análise da planta. Isso talvez se deva ao pequeno número de trabalhos de pesquisa enfocando a busca de critérios ou índices para monitorar o estado de nitrogênio da planta, especialmente batata. Como resultados podem ocorrer condições de deficiência ou excesso de N.

Há diversos métodos para avaliar o estado de N da planta envolvendo procedimentos analíticos que cobrem ampla faixa de análise laboratorial quantitativa até testes rápidos semi-quantitativos executados no próprio campo (OLFS et al., 2005). Mais comumente, o critério para monitorar o estado de nitrogênio da planta é a análise química, em laboratório, da matéria seca da folha, geralmente a quarta folha completamente desenvolvida a partir do ápice, quanto aos teores de N e de N-NO₃ (FONTES; ARAÚJO, 2007). Essas

análises têm sido estudadas na cultura da batata (BÉLANGER et al., 2000; WESTCOTT et al., 1991; WILLIAMS; MAIER, 1990).

Tais análises são onerosas, demoradas e realizadas por pessoas qualificadas. Mais recentemente, estudos têm sido publicados utilizando-se também a análise do teor de N-NO₃ na seiva do pecíolo da batata (PAPASTYLIANOU; GREGORIOU, 2001; WATERER, 1997; ZHANG et al., 1996) e a intensidade do verde da planta. Essa, representada pelo teor de clorofila, possível de ser medida por medidor portátil, que proporciona leitura instantânea, de maneira não destrutiva de folhas, surge como alternativa de indicação do estado de N na planta (FONTES; ARAÚJO, 2007; GUIMARÃES et al., 1999). Várias pesquisas têm demonstrado que o conteúdo de clorofila medido com o clorofilômetro correlaciona-se com a concentração de nitrogênio na planta e também com o rendimento de diversas espécies inclusive batata (GIANQUINTO et al., 2003; GIL et al., 2002; MINOTTI et al., 1994; RODRIGUES, 2004; VOS; BOM, 1993), podendo ser usado como ferramenta auxiliar na decisão sobre adubação nitrogenada da cultura no campo. Tais testes são rápidos, podem ser feitos no campo e permitem o sensoriamento em tempo real do estado nutricional de nitrogênio na planta (FONTES; ARAÚJO, 2007) e podem tornar-se uma alternativa viável para o sistema de produção de batata semente em substrato, em condição de estufa.

Outra técnica, pouco comum, é a avaliação do estado de nitrogênio da planta por meio de avaliação de determinadas características da planta (FONTES, 2001). Qualquer metodologia usada para avaliar ou interpretar valor obtido na análise é necessário que haja valor ou índice considerado referencial ou crítico em determinado estágio fisiológico da planta.

Em condições de campo, existem alguns trabalhos que procuram estabelecer índices para avaliar o estado de nitrogênio da batata (GIL et al., 2002; RODRIGUES, 2004). Entretanto, não foram encontrados trabalhos na literatura que procuram determinar índices e o respectivo valor crítico no sistema de produção batata-semente básica em substrato. Assim, o objetivo deste trabalho foi selecionar índices para o diagnóstico do estado de nitrogênio e determinar o valor crítico do índice selecionado em batata-semente básica plantada em vaso.

Material e métodos

Três experimentos foram conduzidos na casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Em cada experimento foi utilizado diferente material de

propagação. No primeiro experimento foi utilizado tubérculo-semente do tipo II (40-50 mm de diâmetro transversal) (IMA, 2003) com massa média de 40 g. No segundo foi usado mini-tubérculo do tipo V (16-23 mm de diâmetro transversal) (IMA, 2003). No terceiro, broto destacado com 0,5 cm de comprimento. Cada broto foi destacado do tubérculo-mãe, imerso por 2 minutos em solução de 2% de hipoclorito de sódio; posteriormente lavado com água corrente, por três vezes, e seco em papel toalha, seguindo a metodologia de Bryan et al. (1981).

Em cada experimento foram avaliadas seis doses de N (0, 25, 50, 100, 200 e 400 mg dm⁻³), sendo que 10% de cada dose foi aplicada em pré-plantio e o restante via água de irrigação, diariamente, por 30 dias. A fonte de N foi o nitrato de amônio. Os tratamentos foram arranjados no delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os plantios do tubérculo-semente e do broto ocorreram em 20/6/2007 e do mini-tubérculo no dia 20/8/2007, em vaso contendo 3 dm³ de substrato comercial.

Aos 60 dias após o plantio (DAP) foi coletada uma planta em cada tratamento. No folíolo terminal da QF e da FV (primeira a partir da base da planta) foi determinado o índice SPAD. Essa determinação foi feita ainda na estufa com o medidor portátil de clorofila denominado SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development-502), entre 8:00 e 11:00 horas. Adicionalmente, a intensidade do verde da folha foi determinada com a tabela de cor da folha (TCF) desenvolvida por Balasubramanian et al. (1999) para arroz. Posteriormente, a planta foi colhida, separada em quarta folha completamente desenvolvida a partir do ápice da planta (QF), folha velha (FV), folhas, hastes e tubérculos. Também foi contado o número de folíolos e determinados o comprimento, largura e área da QF e FV. A área foliar foi determinada com o medidor LICOR 3100.

No laboratório, os pecíolos da QF e FV foram seccionados 3 cm acima do ponto de inserção no caule. Após o maceramento em cadinho de porcelana, a seiva foi coletada com o auxílio de uma micropipeta. Na seiva foi medido o teor de nitrato pelo medidor portátil (C-141 Cardy Nitrate Meter, Horiba), equipado com microeletrodo sensível ao nitrato (GUIMARÃES et al., 1999). A QF e FV foram pesadas (matéria fresca), acondicionadas em sacos de papel e posteriormente colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até massa constante quando foi determinada a massa da matéria seca. Após a secagem o material seco foi moído em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh, para a determinação do teor de N, após digestão sulfúrica, utilizando-se o reagente

Nessler (JACKSON, 1958). Em outra subamostra, o N-NO₃ foi extraído com água desmineralizada em banho-maria, a 45°C por 1h, determinando-se a concentração de N-NO₃ por colorimetria, em espectrofotômetro a 410 nm (CATALDO et al., 1975).

Aos 60 dias após o plantio, também foram determinadas as denominadas características agrônômicas da planta que foram número de haste, massa fresca e seca de folhas, massa fresca e seca de haste, e massa fresca e seca de tubérculos. Foi determinado o teor e calculado o conteúdo de nitrogênio em todos os órgãos da planta.

Posteriormente, quando a parte aérea das plantas estava seca, os tubérculos foram colhidos, contados e pesados. Cada experimento foi analisado individualmente sendo os dados submetidos às análises de variância e de regressão. Foi estimado o coeficiente de correlação linear entre cada variável em estudo e o conteúdo de N na planta aos 60 dias após o plantio. Significativo e alto coeficiente de correlação e grau de facilidade de determinação foi o critério usado para selecionar os índices para o diagnóstico do estado de N da planta.

O nível crítico (NC) foi estimado associando-se os valores de cada característica com a dose de N que propiciou o número máximo de tubérculos (FONTES, 2001). Em suma, para cada material de propagação, o valor do nível crítico de cada índice selecionado foi estimado com a dose de N associada ao número máximo de tubérculos na colheita final introduzida no modelo previamente estabelecido. Esses valores foram 254, 231 e 183 mg dm⁻³ ao ser utilizado tubérculo-semente, mini-tubérculo e broto, respectivamente.

Resultados e discussão

O número de tubérculos (NT) e as massas da matéria fresca (MFT) e seca dos tubérculos (MST) aumentaram com o incremento da dose de N nos três materiais de propagação, exceto MFT com o broto. O modelo para cada relação está apresentado na Tabela 1.

O valor máximo estimado do NT foi 24,01; 14,79 e 12,70 com as doses de 254, 231 e 183 mg dm⁻³ de N, ao serem utilizados os materiais de propagação tubérculo-semente, mini-tubérculo e broto, respectivamente. Aumento do número de tubérculos com o aumento de doses de N, em campo, tem sido verificado por outros autores (GIL et al., 2002). A fertilização com nitrogênio aumenta, de maneira considerável, o rendimento de tubérculos, fato amplamente observado em condições de campo, por diversos autores (BÉLANGER et al., 2000; MEYER; MARCUM, 1998; RODRIGUES et al., 2005).

Tabela 1. Equações ajustadas para o número de tubérculos (NT), massas das matérias fresca (MFT) e seca de tubérculos (MST) e de conteúdo de nitrogênio na planta (CNP) na colheita final em função de doses de nitrogênio (N), com os materiais de propagação tubérculo-semente, mini-tubérculo e broto, e os respectivos coeficientes de determinação.

Características	Equações ajustadas	R ²
Tubérculo-semente		
NT	$\hat{Y} = 10,3172 + 0,107862^{**}N - 0,000212298^{**}N^2$	0,99
MFT	$\hat{Y} = 193,428 + 1,31749^{**}N - 0,00259530^{**}N^2$	0,93
MST	$\hat{Y} = 25,355 + 0,329191^{**}N - 0,000656118^{**}N^2$	0,94
CNP	$\hat{Y} = 0,649191 + 0,00700045^{**}N - 0,0000164539^{**}N^2$	0,94
Mini-tubérculo		
NT	$\hat{Y} = 8,53984 + 0,0541715^{**}N - 0,000117171^{**}N^2$	0,96
MFT	$\hat{Y} = 207,004 + 0,4034^{**}N - 0,000930947^{**}N^2$	0,93
MST	$\hat{Y} = 30,2881 + 0,149795^{**}N - 0,000293334^{**}N^2$	0,70
CNP	$\hat{Y} = 0,412910 + 0,0137881^{**}N - 0,000027692^{**}N^2$	0,99
Broto		
NT	$\hat{Y} = 7,12891 + 0,0608997^{**}N - 0,000166431^{**}N^2$	0,74
MFT	$\hat{Y} = \bar{y} = 167,8$	-
MST	$\hat{Y} = 35,2096 - 0,0291112^{**}N$	0,87
CNP	$\hat{Y} = 0,493623 + 0,00199809^{**}N - 0,00000493596^{**}N^2$	0,52

** , * e ***Significativo a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

A intensidade da resposta pode ser variável com diversos fatores como cultivar e do material de propagação (SAMPAIO JÚNIOR et al., 2008). Esses, utilizando mini-tubérculo da cultivar Monalisa como material de propagação, obtiveram a produção máxima de tubérculos de 194,4 g vaso⁻¹ com a dose de 225 mg de N.

As características avaliadas na quarta folha (QF), folha velha (FV) e características agrônômicas da batateira responderam de forma diferenciada ao incremento de doses de N no substrato em cada material de propagação (Tabela 2). Para todos os materiais de propagação e na QF, as variáveis índice SPAD, teor de nitrato na seiva e massa seca correlacionaram-se significativamente com o conteúdo de N na planta. Tal fato ocorreu apenas para o teor de nitrato na FV e massa seca de tubérculos na característica agrônômica da planta (Tabela 2). O índice SPAD mede o verde da planta. Correlação positiva entre a adição de nitrogênio e o verde da planta ou teor de clorofila na folha da batata foi obtida por Vos e Bom (1993), Minotti et al. (1994), Gil et al. (2002) e Rodrigues (2004), podendo ser usado como critério indireto de avaliar o estado de N da batata no campo.

Também, o teor de nitrato na seiva é um critério que pode ser utilizado no diagnóstico do estado de N da planta em determinado momento do ciclo da cultura, desde que seja padronizada a época da amostragem, pois o mesmo tende a diminuir ao longo do ciclo da cultura (ERREBHI et al., 1998).

As características agrônômicas da batateira apresentaram correlação significativa com o conteúdo de N na planta, com os três materiais de propagação, porém com limitada consistência, exceto a massa seca dos tubérculos (Tabela 2). A característica agrônômica pode ser usada como índice indireto para o diagnóstico do estado

nutricional em nitrogênio (FONTES, 2001; RONCHI et al., 2001) e poderá ser uma ferramenta indicadora, com rapidez e certa precisão, no acerto na dose utilizada de N podendo ser utilizada por técnicos, no campo, desde que apropriadamente calibrada.

Tabela 2. Estimativas do coeficiente de correlação linear simples (r) entre as variáveis avaliadas na quarta folha, folha velha e planta de batata, aos 60 dias após o plantio e o conteúdo de nitrogênio na planta, com os três materiais de propagação.

Variáveis	Material de propagação		
	Tubérculo-semente	Mini-tubérculo	Broto
Quarta folha			
SPAD (unidades SPAD)	0,73**	0,72**	0,79**
Tabela de cor	0,34***	0,58**	ns
Teor N-NO ₃ seiva pecíolo (mg L ⁻¹)	0,36*	0,77**	0,34*
Área (cm ²)	ns	ns	-0,36*
Comprimento (cm)	ns	0,58**	-0,31***
Largura (cm)	ns	0,43*	ns
Número de folíolos (ud.)	ns	0,75**	ns
Massa fresca (g)	ns	0,47**	ns
Massa seca (g)	-0,28***	0,75**	-0,47**
Teor de N-NO ₃ (dag kg ⁻¹)	ns	0,78**	ns
Teor de N (dag kg ⁻¹)	0,68**	ns	0,46*
Conteúdo de N-NO ₃ (g planta ⁻¹)	ns	0,79**	ns
Conteúdo de N (g planta ⁻¹)	ns	0,36*	ns
Folha Velha			
SPAD (unidades SPAD)	ns	0,68**	0,53**
Tabela de cor	ns	0,65**	ns
Teor N-NO ₃ seiva pecíolo (mg L ⁻¹)	0,53**	0,78**	0,48**
Área (cm ²)	0,32***	ns	ns
Comprimento (cm)	-0,36*	ns	-0,36*
Largura (cm)	-0,42*	ns	ns
Número de folíolos (ud.)	0,27***	ns	ns
Massa fresca (g)	ns	ns	ns
Massa seca (g)	ns	ns	ns
Teor de N-NO ₃ (dag kg ⁻¹)	0,55**	0,73**	ns
Teor de N (dag kg ⁻¹)	ns	0,69**	0,46*
Conteúdo de N-NO ₃ (g planta ⁻¹)	0,60**	0,45*	ns
Conteúdo de N (g planta ⁻¹)	ns	0,52**	ns
Na Planta			
Características agrônômicas da planta			
Número de hastes (ud planta ⁻¹)	0,45*	ns	ns
Massa fresca de folhas (g planta ⁻¹)	0,30***	0,63**	ns
Massa fresca de hastes (g planta ⁻¹)	ns	0,45*	0,67**
Massa fresca de tubérculos (g planta ⁻¹)	0,69**	ns	0,50**
Massa seca de folhas (g planta ⁻¹)	ns	0,55**	ns
Massa seca de hastes (g planta ⁻¹)	ns	0,40*	0,36*
Massa seca de tubérculos (g planta ⁻¹)	0,84**	0,60**	0,57**

** , * e ***Significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente. ns - correlação não significativa.

A possibilidade de se utilizar um índice da planta como indicador da adequação da dose de N tem sido pouco explorada sendo escassas as informações na literatura sobre possível relação entre a dose adequada de N e o correspondente valor de determinada característica de crescimento da planta (COELHO; FONTES, 2005).

Independentemente do material de propagação, o índice SPAD na QF alcançou o valor crítico estimado abaixo de 44,9 (Tabela 3), determinado aos 20 dias após a emergência da cultivar Monalisa, no campo (GIL et al., 2002). Com tubérculo-semente como material de propagação, Minotti et al. (1994) citam valores de 49 a 56 unidades para o índice SPAD na QF, determinados entre 29 e 37 dias após o plantio e dependendo do ano e localidade. Em casa de vegetação, aos 37 dias após o plantio da cultivar Monalisa, nos meses de março a junho, associado à máxima produção de tubérculos, o valor crítico do índice SPAD na QF foi 45,71 e 47,94 ao ser utilizado como material de propagação mini-tubérculo e broto, respectivamente (SAMPAIO JÚNIOR et al., 2008). Época do ano, cultivar, data de determinação e ambiente, dentre outros fatores, podem ter influenciado o valor do nível crítico SPAD.

Tabela 3. Valor crítico das variáveis índice SPAD, teor de nitrato na seiva do pecíolo, massa seca e teor de nitrogênio na matéria seca da quarta folha da batata com os três materiais de propagação.

Variáveis	Material de propagação		
	Tubérculo-semente	Mini-tubérculo	Broto
SPAD (unidades SPAD)	36,0	32,0	38,2
Teor nitrato seiva pecíolo (mg L ⁻¹)	1740	2001	1452
Massa seca (g)	0,27	0,60	0,24
Teor de N (dag kg ⁻¹)	5,02	4,9	5,32

Os valores críticos de N-NO₃ na seiva do pecíolo variaram de 1452 a 2001 mg L⁻¹ (Tabela 3). Tais valores foram obtidos em folhas coletadas aos 60 dias após o plantio. O teste de N-NO₃ na seiva tem sido proposto como ferramenta auxiliar no manejo do fertilizante nitrogenado em hortaliças. O valor indicado por Takebe et al. (2001) é 1300 a 1500 mg L⁻¹ de N-NO₃ na seiva do pecíolo para a planta no estágio de início do aparecimento das gemas florais. O medidor de N-NO₃, além de propiciar rapidez de análise é utilizado no campo e determina com precisão a concentração de nitrato na seiva no momento da medição. Assim, deficiência de N pode ser detectada antes de ocorrer perda na cultura e pode-se assegurar que o suprimento de N está ótimo para o máximo crescimento da planta. A análise de nitrato na seiva do pecíolo e a medição do verde da planta com clorofilômetro portátil ou via sensoriamento remoto são os mais promissores devido

esses métodos permitirem o ajuste instantâneo na aplicação de nitrogênio (OLFS et al., 2005).

O teor de N na quarta folha (QF) alcançou o valor crítico de 4,9 a 5,32 dag kg⁻¹ (Tabela 3). Em condições de campo, aos 20 dias após a emergência, Gil et al. (2002) encontraram aumento de forma quadrática no teor de N na matéria seca das folhas da batata, cultivar Monalisa, com o aumento da dose de N. Com a dose que propiciou a máxima produção comercial de tubérculos, o teor de N na matéria seca da QF foi 7,03 dag kg⁻¹.

Os índices intensidade do verde determinada pelo índice SPAD e pela tabela de cor; índices agrônômicos da planta (área foliar, comprimento, largura, número de folíolos, massas da matéria fresca e matéria seca) e teor de nitrogênio (N-NO₃ na seiva do pecíolo e N na matéria seca) da quarta folha e folha velha de batata-semente básica são influenciados por dose de N e material de propagação. O valor crítico destes índices foi variável de acordo com o material de propagação.

Conclusão

O índice SPAD, teor de nitrato na seiva e massa seca determinados na QF correlacionaram-se significativamente com o conteúdo de N na planta sendo que o valor crítico foi variável de acordo com o material de propagação.

Referências

- ALVA, A. K.; HODGES, T.; BOYDSTON, A.; COLLINS, H. P. Dry matter and nitrogen accumulations and partitioning in two potato cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n. 8, p. 1621-1630, 2002.
- BALASUBRAMANIAN, V.; MORALES, A. C.; CRUZ, R. T.; ABDULRACHMAN, S. On-farm adaptation of knowledge-intensive nitrogen management technologies for rice system. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 53, n. 1, p. 59-69, 1999.
- BÉLANGER, G. W.; WALSH, J. R.; RICHARDS, J. E.; MILBURN, P. H.; ZIADI, N. Critical nitrogen curve and nitrogen nutrition index for potato in Eastern Canada. **American Journal of Potato Research**, v. 78, n. 5, p. 355-364, 2000.
- BRYAN, J. E.; MELÉNDEZ, G.; JACKSON, M. T. **Esquejes de brote, uma técnica de multiplicação rápida de papa**. Técnicas de multiplicación rápida. Lima: Centro Internacional de la Papa, 1981.
- CATALDO, D. A.; HARRON, M.; SCHRADER, L. E. L.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 6, n. 1, p. 71-80, 1975.
- COELHO, E. L.; FONTES, P. C. R. Índices agrônômicos do meloeiro associados à dose adequada de nitrogênio, em ambiente protegido e no campo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 974-979, 2005.

- DANIELS, J.; PEREIRA, A. S.; FORTES, G. R. L. **Verticalização da produção da batata-semente por produtores de agricultura familiar no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000.
- ERREBHI, M.; ROSEN, C. J.; GUPTA, S. C.; BIRONG, D. E. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, v. 90, n. 1, p. 10-15, 1998.
- FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001.
- FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, C. **Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro**. Viçosa: UFV, 2007.
- GIANQUINTO, G.; SAMBO, P.; BONA, S. The use of SPAD-502 chlorophyll meter for dynamically optimizing the nitrogen supply in potato crop: A methodological Approach. **Acta Horticulturae**, v. 607, n. 1, p. 197-204, 2003.
- GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índices SPAD para diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.
- GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V. H.; MONNERAT, P. H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. **Bragantia**, v. 58, n. 1, p. 209-216, 1999.
- GRIGORIADOU, K.; LEVENTAKIS, N. Large scale commercial production of potato minitubers, using in vitro techniques. **Potato Research**, v. 42, n. 3-4, p. 607-610, 1999.
- IMA-Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria n. 567, 30 de Janeiro de 2003.
- JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1958.
- MEYER, R. D.; MARCUM, D. V. Potato yield, petiole nitrogen, and soil nitrogen response to water and nitrogen. **Agronomy Journal**, v. 90, n. 3, p. 420-429, 1998.
- MINOTTI, P. L.; HALSETH, D. E.; SIECZKA, J. B. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. **HortScience**, v. 29, n. 12, p. 1497-1500, 1994.
- OLFS, H. W.; BLANKENAU, K.; BRENTROP, F.; JASPER, J.; LINK, A.; LAMMEL, J. Soil-and plant-based nitrogen-fertilizer recommendations in arable farming. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 168, n. 4, p. 414-431, 2005.
- PAPASTYLIANOU, I.; GREGORIOU, S. Diagnosing nitrogen requirements of potatoes in farmers' crops. In: HORST, W. J.; SCHENK, M. K.; BÜRKERT, A.; CLAASSEN, N.; FLESSA, H.; FROMMER, W. B.; GOLDBACH, H.; OLFS, H. W.; RÖMHELD, V.; SATTELMACHER, B.; SCHMIDHALTER, U.; SCHUBERT, S.; WIRÉN, N. V.; WITTENMAYER, L. (Ed.). **Plant Nutrition: food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. p. 710-711.
- RODRIGUES, M. A. Establishment of continuous critical levels for indices of plant and presidedress soil nitrogen status in the potato crop. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 35, n. 13-14, p. 2067-2085, 2004.
- RODRIGUES, M. A.; COUTINHO, J.; MARTINS, F.; ARROBAS, M. Quantitative sidedress nitrogen recommendations for potatoes based upon crop nutritional indices. **European Journal of Agronomy**, v. 23, n. 1, p. 79-88, 2005.
- RONCHI, C. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; NUNES, J. C. S.; MARTINEZ, H. E. P. Índices de nitrogênio e de crescimento do tomateiro em solo e em solução nutritiva. **Revista Ceres**, v. 49, n. 278, p. 469-484, 2001.
- SAMPAIO JÚNIOR, J. D.; FONTES, P. C. R.; MOREIRA, M. A.; GUIMARÃES, M. A. Produção de mini-tubérculo semente de batata, em função de doses de nitrogênio aplicadas ao substrato. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 1, p. 1-9, 2008.
- TAKEBE, M.; KASAHARA, Y.; KARASAWA, T. Nutrition diagnosis of potato (*Solanum tuberosum* L.) using leaf petiole sap. In: HORST, W. J.; SCHENK, M. K.; BÜRKERT, A.; CLAASSEN, N.; FLESSA, H.; FROMMER, W. B.; GOLDBACH, H.; OLFS, H. W.; RÖMHELD, V.; SATTELMACHER, B.; SCHMIDHALTER, U.; SCHUBERT, S.; WIRÉN, N. V.; WITTENMAYER, L. (Ed.). **Plant Nutrition: food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. p. 712-713.
- VOS, J.; BOM, M. Hand-held chlorophyll meter: a promising tool to assess the nitrogen status of potato foliage. **Potato Research**, v. 36, n. 4, p. 301-308, 1993.
- WATERER, D. Petiole sap N-NO₃ testing as a method for monitoring nitrogen nutrition of potato crops. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 77, n. 2, p. 273-278, 1997.
- WILLIAMS, C. M. J.; MAIER, N. A. Determination of the nitrogen status of irrigated potato crops. I. Critical nutrient ranges for nitrate-nitrogen in petioles. **Journal of Plant Nutrition**, v. 13, n. 8, p. 971-984, 1990.
- WESTCOTT, M. P.; STEWART, V. R.; LUND, R. E. Critical petiole nitrate levels in potato. **Agronomy Journal**, v. 83, n. 5, p. 844-850, 1991.
- WU, J.; WANG, D.; ROSEN, C. J.; BAUER, M. E. Comparison of petiole nitrate concentrations, SPAD chlorophyll readings, and QuickBird satellite imagery in detecting nitrogen status of potato canopies. **Field Crops Research**, v. 101, n. 1, p. 96-103, 2007.
- ZHANG, H.; SMEAL, D.; ARNOLD, R. N.; GREGORY, E. J. Potato nitrogen management by monitoring petiole nitrate level. **Journal of Plant Nutrition**, v. 19, n. 10-11, p. 1405-1412, 1996.

Received on November 5, 2008.

Accepted on May 3, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.