

JOSÉ DELFINO SAMPAIO JÚNIOR

**PRODUÇÃO DE MINI-TUBÉRCULOS DE BATATA SEMENTE EM VASO A PARTIR
DE PLÂNTULA MULTIPLICADA POR CULTURA DE TECIDO, BROTO E MINI-
TUBÉRCULO, EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO**

Tese apresentada á Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de "Magister Scientiae".

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S192p
2005

Sampaio Júnior, José Delfino, 1978-
Produção de mini-tubérculos de batata semente em
vaso a partir de plântula multiplicada por cultura de
tecido, broto e mini-tubérculo, em função de doses de
nitrogênio / José Delfino Sampaio Júnior. – Viçosa : UFV,
2005.

xii, 96f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 72-80.

1. Batata - Adubos e fertilizantes. 2. Nitrogênio como
fertilizante. 3. Batata - Propagação in vitro. 4. Batata -
Propagação. 5. Batata - Semente. 6. *Solanum tuberosum*.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 635.21894

JOSÉ DELFINO SAMPAIO JÚNIOR

**PRODUÇÃO DE MINI-TUBÉRCULOS DE BATATA SEMENTE EM VASO A PARTIR
DE PLÂNTULA MULTIPLICADA POR CULTURA DE TECIDO, BROTO E MINI-
TUBÉRCULO, EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO**

Tese apresentada á Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA : 22 de agosto de 2005.

Prof. Mario Puiatti
(Conselheiro)

Prof. Tocio Sedyama
(Conselheiro)

Prof. Renildes Lúcio Ferreira Fontes

Prof. Fernando Luiz Finger

Prof. Paulo Cezar Rezende Fontes
(Orientador)

À meus pais
Irmãs
e sobrinhos

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao seu Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais José Delfino Sampaio e Marlene Peixe F. de Jesus, á minhas irmãs e sobrinhos, pelo apoio, incentivo e auxílio inestimável nos momentos difíceis, quando sempre pensamos em desistir da caminhada.

Ao professor Paulo César Rezende Fontes, pela orientação, pelos ensinamentos, pelo acolhimento, pelo apoio, pela amizade e pela sua grande compreensão mediante aos problemas por mim enfrentado no decorrer do tempo.

Ao professor Mario Puiatti e Tocio Sedyama pelos conselhos, amizade e confiança profissional.

Ao professor Derly José Henriques da Silva, pela sua atenção e valiosa amizade.

Ao professor Antônio Américo Cardoso, pelo auxílio na estatística, pelos ensinamentos e sugestões de fundamental importância para o trabalho.

Ao professor João Carlos Cardoso Galvão pelo auxílio na resolução dos problemas acadêmicos.

A secretaria Mara, pela atenção, amizade e pelo auxílio indispensável, e aos funcionários do Laboratório de Nutrição Mineral, Domingos e Itamar, pelo auxílio indispensável, pelos ensinamentos e descontração.

Ao técnico Paulo Márcio, Sebastião, Wilson e demais funcionários da Horta da UFV, pela amizade, atenção e apoio técnico.

A Lili e ao professor Wagner, pelo acolhimento e pela disponibilidade de ensinar as práticas laboratoriais.

A grande amiga Marialva, pelo auxiliou na condução do experimento, pela amizade, ensinamento e alegria, me auxiliando nos momentos difíceis.

Aos amigos: Marcelo, Danilo, Zé Marcio, Fabiano, Flavia, Ana Cristina, Gildo, Rosenda, Charles, André, Pahlevi, Agostinho, Ivan, Guilherme, Mário, Tony e Leandro pela amizade e pelos momentos de descontração.

As amigas Ana Paula, Priscila, Fernanda, Micheli, Maira, Claudiane e amigas da republica Sholoras em especial Carol, Karine, Paulinha e Natalia pela amizade, pelo carinho e pelas festas.

A uma grande pessoa que esta ao meu lado para todas as ocasiões através do seu carinho, amor, amizade e compreensão: Karina Bonon.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, participaram de minha vida, da minha formação, contribuindo para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO.

BIOGRAFIA

JOSÉ DELFINO SAMPAIO JÚNIOR, filho de José Delfino Sampaio e Marlene Peixe Ferreira de Jesus, nasceu em 06 de Julho de 1978, na cidade de São Paulo, Estado de São Paulo.

No ano de 1997 iniciou o curso de graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG; onde concluiu as exigências do curso, vindo a se formar em 10 de Maio de 2002.

Em Agosto de 2002 iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa – UFV.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Obtenção das plântulas para o Experimento 1.....	15
3.1.1 Cultura de tecido.....	15
3.1.1.1 Micropropagação.....	15
3.1.1.2 Aclimação fora do tubo de ensaio.....	16
3.2 Obtenção de propágulo para o Experimento 2.....	18
3.2.1 Broto.....	18
3.3 Obtenção de propágulo para o Experimento 3.....	18
3.3.1 Mini-tubérculo.....	18
3.4 Experimentos.....	19
3.5 Características avaliadas.....	20
3.5.1 Índice SPAD.....	20
3.5.2 Altura das plantas.....	21
3.5.3 Número de folhas.....	21
3.5.4 Teor de N-NO ₃ ⁻ na massa seca.....	21

3.5.5 Massa seca da quarta folha (MSQF), de folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR), mini-tubérculos (MSMT), total (MST) e classificação dos tubérculos.....	22
3.4.6 Análise estatística.....	23
4. RESULTADOS.....	24
4.1 Cultura de tecidos – Experimento 1.....	24
4.1.1 Índice de clorofila.....	24
4.1.2 Altura das plantas.....	29
4.1.3 Número de folhas.....	31
4.1.4 Teor de N-NO ₃ ⁻ na massa seca da quarta folha (LQ).....	31
4.1.5 Massas seca da quarta folha (MSQF), de folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e tubérculos (MSTB).....	32
4.1.6 Massa seca total.....	34
4.1.7 Produção de tubérculos.....	35
4.1.8 Classificação.....	36
4.2 Brotos – Experimento 2.....	38
4.2.1 Índice de clorofila.....	38
4.2.2 Altura das plantas.....	43
4.2.3 Número de folhas.....	44
4.2.4 Teor de N-NO ₃ ⁻ na massa seca da quarta folha (LQ).....	44
4.2.5 Massas seca da quarta folha (MSQF), de folhas (MSF), caules (MSC) e raízes (MSR).....	45
4.2.6 Produção de tubérculos.....	47
4.2.7 Classificação.....	48
4.3 Mini-tubérculos – Experimento 3.....	50
4.3.1 Índice de clorofila.....	50

4.3.2	Altura das plantas.....	55
4.3.3	Número de folhas.....	55
4.3.4	Teor de N-NO ₃ ⁻ na massa seca da quarta folha (LQ).....	55
4.3.5	Massas seca da quarta folha (MSQF), de folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e tubérculos (MSTB).....	56
4.3.6	Massa seca total.....	57
4.3.7	Produção de tubérculos.....	58
4.3.8	Classificação.....	59
5.	DISCUSSÃO.....	61
6.	RESUMO E CONCLUSÕES.....	68
7.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	72
	APÊNDICE.....	81

RESUMO

SAMPAIO JÚNIOR, José Delfino, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2005. **Produção de mini-tubérculos de batata semente em vaso a partir de plântula multiplicada por cultura de tecido, broto e mini-tubérculo, em função de doses de nitrogênio.** Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes. Conselheiros: Mario Puiatti e Tocio Sedyama.

Objetivando avaliar o efeito de doses de nitrogênio aplicadas em substrato sobre a produção de mini-tubérculos de sementes de batata (*Solanum tuberosum* L.) a partir de plântulas advindas de cultura de tecido, de brotos de tubérculos e de mini-tubérculos, da cultivar Monalisa, foram realizados três experimentos, simultaneamente, em ambiente protegido no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Nos experimentos 1, 2 e 3, o material propagativo foi plântula micropropagada, broto de tubérculos-semente e mini-tubérculo, respectivamente, plantado em vaso de 3 L contendo substrato. Nos experimentos 1 e 2 foram utilizadas duas plantas por vaso e no experimento 3 foi plantado um mini-tubérculo por vaso. Em cada experimento foram avaliadas cinco doses de nitrogênio: 0; 50; 100; 200 e 400 mg kg⁻¹ de N, na forma de NH₄NO₃, dispostos em blocos ao acaso e cinco. O índice SPAD, medido na quarta folha (LQ), aumentou com o aumento da dose de N e diminuiu com a idade da planta. O teor de N-NO₃⁻ na matéria seca da LQ, associado à máxima produção de mini-

tubérculos, foi 0,015; 1,370 e 2,090 dag kg⁻¹, nos experimentos 1, 2 e 3, respectivamente. No experimento 1, as máximas massa seca dos mini-tubérculos (MSTB), massa seca total da planta (MST) e produção de mini-tubérculos (PT) foram 25,74; 31,93 e 138,8 g vaso⁻¹, respectivamente, com a dose de 0 mg kg⁻¹ de N. No experimento 2, com 177 mg kg⁻¹ de N, que propiciou a máxima PT (178 g vaso⁻¹), as massas secas de folha (MSF), caule (MSC) e raízes (MSR) foram 5,03; 1,40 e 0,44, respectivamente. No experimento 3, com 225 mg kg⁻¹ de N, que propiciou a máxima PT (194,8 g vaso⁻¹), as massas secas de folha (MSF), caule (MSC), tubérculos (MSTB) e massa seca total da planta (MST) foram 6,18; 1,96; 37,15 e 46,10, respectivamente.

ABSTRACT

SAMPAIO JÚNIOR, José Delfino, M.S., Universidade Federal de Viçosa, August 2005. **Production of minituber potato seeds in vase starting from plantlets multiplied by tissue culture, sprout and minituber, in function of doses of nitrogen.** Advisor: Paulo Cezar Rezende Fontes. Committee members: Mario Puiatti and Tocio Sedyama.

In order to evaluate the effect of nitrogen rates applied in substrate on minituber potato (*Solanum tuberosum* L.) seed yield, propagated by tissue culture plantlets, sprout tuber and minituber of Monalisa cultivar, three experiments were conducted, simultaneously, in greenhouse, at Universidade Federal de Viçosa. In the experiments 1, 2, and 3, potato plants were propagated by tissue culture plantlets, sprout seed tuber and minituber, respectively, planted in 3 L pot containing substrate. In the experiments 1 and 2 were set two plants per pot and in the experiment 3 was planted one minituber per pot. In each experiment, five N rates: 0; 50; 100; 200 and 400 mg kg⁻¹ of N, as NH₄NO₃, were evaluated in randomized complete block design and five repetitions. The SPAD index in the fourth leaf (LQ) increased with the increase N rates and decreased with the plant age. The N-NO₃⁻ contents in LQ dry matter, associated with the maximum minitubers yield were 0.015; 1.370; and 2.090 dag kg⁻¹, in the experiments 1, 2 and 3, respectively. In the experiment 1, the maximum minituber dry matter (MSTB), the maximum whole

plant dry matter (MST) and maximum minituber yield (PT) were 25.74; 31.93 and 138,8 g pot⁻¹, respectively, with 0 mg kg⁻¹ of N. In the experiment 2, which led to maximum PT (178 g pot⁻¹) with 177 mg kg⁻¹ of N, leaf (MSF), stem (MSC) and root (MSR) dry matter were 5.03; 1.40, and 0.44 g vase⁻¹, respectively. In the experiment 3, which led to maximum PT (194,8 g pot⁻¹) with 225 mg kg⁻¹ of N, leaf (MSF), stem (MSC), maximum minituber (MSTB) and maximum whole plant (MST) dry matter were 6.18; 1.96; 37.15, and 46.10 g vase⁻¹, respectively.

1. INTRODUÇÃO

Tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) constituem-se em um dos alimentos mais consumidos no mundo. A batata é componente básico da alimentação humana devido aos teores elevados de carboidratos e de proteínas de alta qualidade, além de considerável quantidade de vitaminas e sais minerais, sendo considerada a principal hortaliça em importância econômica. Além disso, a cultura da batata é importante fonte de emprego, contribuindo para a estabilização social do meio rural. As regiões Sul e Sudeste são as principais produtoras brasileiras de batata. Os Estados de Minas Gerais, Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina produziram, em conjunto, no ano de 2004 por 94,8% da batata produzida no Brasil (AGRIANUAL, 2005). Minas Gerais, o maior produtor, 33%, produziu 948 mil toneladas, com a produtividade de 25,5 t ha⁻¹.

A batata é propagada assexuadamente por “tubérculos-semente”. A utilização de “sementes” de alta qualidade fisiológica, com alto padrão genético e fitossanitário, é fundamental para a obtenção de elevadas produtividades garantindo, assim, a exploração comercial da batata pelo produtor. Graças ao melhor domínio das técnicas de cultivo, especialmente com a utilização de batata-semente de boa qualidade, a produtividade nacional aumentou quase 40% do início da década de 70 até o final da década de 80 (LOPES e BUSO, 1999).

Portanto, batata-semente de alta qualidade é fundamental para garantir a qualidade e a produtividade da cultura, além de constituir-se no componente que mais onera o custo de produção, variando de 25 a 40% (ASSIS, 1999; NAGANO, 1999).

No Brasil, vários fatores têm contribuído para que, nas últimas décadas, tenha crescido a produção de batatas-semente básica, registrada e certificada. Incentivos governamentais, preço alto da semente importada, melhoria da tecnologia aplicada pelos produtores, instalação de laboratórios de cultura de tecidos onde se pode efetuar a limpeza de vírus e a propagação rápida de plântulas *in vitro*, progressos na área de cultivo protegido para a produção de mini-tubérculos e sementes pré-básicas além da utilização de técnicas modernas de detecção de vírus e de outros patógenos para a avaliação da qualidade da semente, são os principais (ASSIS, 1999).

A técnica de cultura de tecidos têm sido usada para produzir batata-semente pré-básica utilizando-se, normalmente, como propágulo uma seção pequena de caule contendo uma gema e a folha adjacente (single node cuttings - SNC). Esse propágulo dá origem à plântula e, posteriormente, a microtubérculo. As plântulas ou microtubérculos produzidos são utilizados para a produção de tubérculo semente básica. Também, há a possibilidade de ser utilizado microtubérculo (KHURI e MOOBY, 1996) e broto de tubérculo-semente armazenada em câmara fria (HOQUE et al., 1996) como fontes alternativas de explantes, embora menos comum que o SNC. Assim, entende-se por microtubérculo o tubérculo produzido *in vitro*.

Vários países necessitam de áreas isentas de patógenos que permitam a produção de tubérculos-semente de batata com elevada qualidade e consideram a tecnologia dos microtubérculos como um componente vital da produção de

tubérculo-semente; em outros países, microtubérculos são um dos vários propágulos utilizados durante os estágios de certificação para a produção de tubérculo-semente (DONNELLY et al., 2003). Microtubérculos constituem-se em solução para países que necessitam de elevada disponibilidade de tubérculos-semente de elevada qualidade, devido ao aumento de novas áreas de plantio com batata, como a China, Índia, e outras partes da Ásia (MALDONADO et al., 1998).

Sistemas hidropônicos começam a ser usados na produção de sementes básicas de batata (PEREIRA et al., 2001). Igualmente, tem sido utilizado o plantio em vasos contendo substrato apropriado visando a produção de semente básica de batata (GRIGORIADOU e LEVENTAKIS, 1999). O substrato deve permitir adequadas aeração, infiltração e armazenamento de água, além da isenção de patógenos e de uniformidades na disponibilidade de nutrientes. Normalmente a quantidade de nutrientes presente na maioria dos substratos/solos é baixa ou nula, sendo necessária a adição de fertilizantes para o desenvolvimento e produção da planta (GIL, 2001; NOVO, 2002).

Dentre os nutrientes limitantes nos substratos, o nitrogênio (N) merece destaque sendo, portanto, necessário aplicar fertilizante nitrogenado em dose adequada para a obtenção de plantas com número elevado de tubérculos e de tamanho apropriado para a utilização como semente básica. O N influencia tanto o número quanto o peso dos tubérculos produzidos por planta (ERREBHI et al., 1998; MEYER e MARCUM, 1998). Dose sub-ótima de N reduz a produtividade, enquanto dose excessiva atrasa o início da tuberização, prolonga o ciclo da cultura e também reduz a produtividade (OPARKA et al., 1987 e GIL, 2002).

Recomendação de dose de N para o plantio no campo é abundante na literatura. Contudo, estudos visando a recomendação de dose de N a ser aplicada

ao substrato, tendo como material propagativo plântulas recém saídas do tubo de ensaio ou brotos, são escassas.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de doses de nitrogênio aplicadas ao substrato sobre a produção de mini-tubérculos sementes de batata oriundos de plantas advindas do cultivo *in vitro*, de brotos de tubérculos e de mini-tubérculos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os tubérculos são importantes para a propagação da batateira. Neles estão presentes as gemas ou “olhos” das quais crescem os brotos que dão origem as hastes. Comercialmente, a batateira é propagada pelo plantio de tubérculos ou de pedaços de tubérculos portadores de pelo menos uma gema. Esses não correspondem às sementes botânicas ou verdadeiras e recebem, muitas vezes, a denominação de “batata semente” ou “tubérculo-semente”.

Em razão da propagação das cultivares de batata ser vegetativa, os descendentes apresentam-se geneticamente idênticos à “planta-mãe” da qual os tubérculos derivaram e, portanto, são clones. Em plantio comercial encontra-se, quase sempre, a monocultura de um único clone. A vantagem do uso de clone é que todos os indivíduos possuem as mesmas características. A principal desvantagem é que as doenças podem disseminar-se com grande rapidez no campo e serem transmitidas facilmente de uma geração para a outra, pois se o tubérculo for infectado com uma doença sistêmica as plantas oriundas desse tubérculo também estarão infectadas.

Portanto, na cultura da batata, a utilização de material propagativo de alta qualidade fitossanitária é requisito indispensável para a obtenção de elevada produtividade. Doenças transmissíveis pelo tubérculo-semente, como viroses e

murcha bacteriana, constituem-se em fatores limitantes da produtividade ocasionando, em muitas regiões, elevados prejuízos.

O controle de insetos vetores é extremamente difícil em países tropicais e sub-tropicais, fazendo com que a produção de batata-semente certificada apresente falhas para a produção de material com boa sanidade (WANG e HU, 1982). Levantamento da incidência de viroses em áreas de produção de batata-semente a partir de material pré-básico, nas principais regiões produtoras dos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, revelam índices de infecção de até 35% das plantas amostradas, atingindo níveis de 42% no caso específico de algumas cultivares (DANIELS et al., 2000). Ao acúmulo de doenças viróticas está associada a rápida degenerescência da batata-semente, mesmo após as primeiras multiplicações em campo de produção.

A produção de batata-semente é um segmento da cadeia produtiva da batata que envolve operações complexas. Avanços na técnica de micropropagação têm permitido o crescimento da comercialização de mini-tubérculos.

No Brasil, no final da década de setenta, teve início no Serviço de Produção de Semente Básica da Embrapa (SPSB), um programa de produção de batata semente básica, utilizando-se a cultura de meristemas para a limpeza de vírus, testes sorológicos para a detecção de viroses e multiplicação de sementes pré-básica em telados, procedimentos estes rotineiros em países produtores de batata-semente. Nas décadas de oitenta e noventa, o SPSB produziu 25% da necessidade nacional de batata-semente básica estimulando novas empresas de produção de batata-semente, por meio de biotecnologia (PEREIRA e DANIELS, 2003).

A técnica de cultura de tecidos promoveu ganhos significativos de produtividade na cultura da batata. Com a técnica abriu-se a possibilidade de rápida multiplicação de tubérculos com alta qualidade sanitária, além da preservação e intercâmbio mais eficaz de germoplasma. Atualmente, a propagação *in vitro* da batata pelo cultivo de segmentos nodais (stem node cuttings), está estabelecida como método de multiplicar rapidamente cultivares novos ou já existentes em condições livres de patógenos (DANIELS et al., 2002).

O uso da técnica de cultura de meristemas para limpeza de patógenos em cultivares européias de batata propiciou o reerguimento da bataticultura no Vietnã; esta técnica foi simplificada, e através de produtores satélites são produzidas mudas com elevada sanidade e distribuídas aos produtores de batata (VAN UYEN e VANDER ZAAG, 1985).

O sucesso da produção de semente básica depende, em parte, de métodos eficientes de produção de material propagativo, ou seja, de técnicas que propiciem multiplicações rápidas e com custo reduzido do material isento de patógenos. Sob esse aspecto, os sistemas de produção de sementes pré-básicas ainda podem ter a taxa de multiplicação de tubérculos aumentada. Nesses sistemas são produzidos, em média, de três a cinco tubérculos por planta (DANIELS et al., 2002), o que contribui para a elevação dos custos da batata-semente certificada.

Alguns Estados brasileiros possuem programas de certificação de batata-semente. Em MG, a entidade certificadora é o IMA (Instituto Mineiro de Agropecuária) que toma como base as normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, conforme Portaria nº 567, de 30 de janeiro de 2003. Para efeito de comercialização, as sementes são divididas em classes: genética, básica, registrada e certificada (IMA, 2003). Ainda há a classe pré-

básica que, embora sem reconhecimento oficial, é obtida de semente genética ou de material livre de vírus reproduzido em laboratório de cultura de tecidos, onde a limpeza clonal, e a posterior indexação asseguram a qualidade fitossanitária do material produzido.

Para a produção de semente básica é necessário seguir uma série de procedimentos, dentre os quais o plantio em casa de vegetação protegida com tela anti-afídeos e o uso de substrato isento de qualquer tipo de praga e patógeno (ASSIS, 1999).

A utilização de mini-tubérculos pode ser uma alternativa eficaz para a produção de batata-semente, pois são mais convenientes para o armazenamento, podendo ser guardados em espaço físico reduzido e por maior tempo do que as plântulas em tubos de ensaio. Em condições protegidas, eles podem ser produzidos em grande quantidade, independente da estação do ano ou demanda e podem ser transportados em maior quantidade por caixa comparado aos tubérculos normais, diminuindo os custos com o transporte.

Os mini-tubérculos podem ser multiplicados em plantio diretamente no campo, com tecnologia e em condições apropriadas, para a produção de tubérculos-semente (VANDERHOFSTADT, 1999) ou em ambiente protegido, em vaso contendo substrato.

Alternativamente ao uso de plântulas e de micro e mini-tubérculos, existe a possibilidade de se produzir tubérculo-semente a partir de enraizamento de estacas e de brotos da batateira cultivada em substrato.

Independente da utilização de mini-tubérculo de plântula produzida em tubo de ensaio e de broto, a produção da classe seguinte de tubérculos, em casa de vegetação, envolve o uso de substrato.

O substrato escolhido é acondicionado em recipientes com variados volume e formato, tais como saco plástico, vaso, bandeja, dentre outros. A relação substrato/recipiente deve proporcionar espaço adequado e disponibilidade dos nutrientes para o crescimento da planta, além de proteção às raízes contra possíveis danos como os causados por insetos, nematóides e desidratação, além de promover adequada formação do sistema radicular garantindo, assim, adequado desenvolvimento da planta durante todo o seu ciclo (LOURES, 2001).

Aumento da aeração, da capacidade de infiltração e de armazenamento de água no substrato podem ser conseguidos pelo uso de materiais orgânicos que atuam como eficientes condicionadores físicos do solo, reduzindo a densidade, e favorecendo a formação de agregados. No entanto, a quantidade de nutrientes presentes na maioria dos materiais usados em substratos é, geralmente, baixa ou nula, sendo necessária a adição de fertilizantes para o desenvolvimento e produção das plantas (NOVO, 2002). Assim, para bom crescimento da planta cultivada em substrato é necessária a adição de nutrientes, sendo o N um dos mais exigidos. O N é, em geral, o elemento que as plantas necessitam em maior quantidade.

Nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) são as principais fontes de N absorvidas, via raízes, pelas plantas superiores. Na maioria das plantas o amônio é incorporado em compostos orgânicos na raiz. O nitrato se move rapidamente no xilema podendo também ser estocado nos vacúolos em células de tecidos das raízes e da parte aérea. O acúmulo de nitrato nos vacúolos pode ser de considerável importância para o balanço cátions – ânions, para osmorregulação mas é necessário que parte do N do nitrato seja incorporado em estruturas orgânicas para cumprir a sua função de nutriente essencial para a planta (MARSCHNER, 1995).

Na batateira, apesar de estimular o crescimento da parte aérea e do tubérculo, doses elevadas de N em condições de campo, atrasam a tuberização (TEIXEIRA e PINTO, 1991), possivelmente, por reduzir a translocação do carbono da folha e aumentar o seu fluxo para outras folhas ao invés de dirigí-lo aos tubérculos (OPARKA, 1987).

Em meio de cultura, quantidade excessiva de N limita o crescimento do tubérculo, que é retomado assim que a planta é transferida para meio ausente de N (TEIXEIRA e PINTO, 1991). Neste caso, há a formação de mais de um tubérculo no estolão, em que o último formado atuará como dreno, enquanto o formado primeiro atuará somente como passagem de fotoassimilados e de nutrientes.

KRAUSS (1985), demonstrou que a tuberização na batateira em cultivo hidropônico pode ser manipulada pela alteração da fonte de N (amônio ou nitrato) e como também sua concentração. A manutenção de níveis de N precisamente controlados, com suprimento contínuo de 1 e 3 mmol.L⁻¹ foi capaz de inibir completamente ou de reduzir a tuberização. No entanto, quando o fornecimento de N foi interrompido temporariamente por 4 a 6 dias a tuberização ocorreu. Segundo KRAUSS (1985), se plantas de batata forem colocadas em nível de N excessivo depois de iniciada a tuberização, a expansão do tubérculo cessa; na remoção desta dose excessiva de N, há a formação de tubérculo secundário neste estolão, promovendo o crescimento secundário. Portanto, o N exerce o papel importante na formação e crescimento de tubérculos em plantas de batata.

Altos níveis de N podem inibir a atividade ou alterar os níveis de reguladores de crescimento (KRAUSS, 1985; STALLNECHT, 1985; TADESSE, et al., 2001), causando redução no nível de giberelinas e aumento nos níveis de ácido abscísico (KRAUSS, 1985; JACKSON, 1999). A redução do nível de N em

condições não indutoras da tuberização, como dia longo ou alta temperatura não promoverá a tuberização das plantas de batata, mostrando que o menor nível de N tem efeito na tuberização, mas não é o fator indutor da mesma.

Grande quantidade de N na solução do solo ou na planta de batata é capaz de promover o crescimento das raízes e excessivo da parte aérea, consumindo grande quantidade de carboidratos, podendo reduzir a disponibilidade e acúmulo destes nos tubérculos (VAN HEEMST, 1986; FONTES, 1987).

Muitos fatores que atuam em conjunto e interagem entre si, influenciam a formação e o crescimento dos tubérculos. Indiscutivelmente, as condições ambientais e, sobretudo, a disponibilidade de nutrientes associada ao genótipo, têm conseqüências definitivas na qualidade final do produto.

O uso de quantidades variadas de fertilizante nitrogenados na cultura da batata indica a necessidade de aumentar o conhecimento sobre o manejo do N em substrato.

O modelo atualizado SPAD-502 Soil-Plant Analysis Development (SPAD) (MINOLTA CAMERA CO, 1989), têm sido utilizado com sucesso para diagnosticar o estado nutricional nitrogenado de culturas como milho (PIEKIELEK e FOX, 1992; BLACKMER et al., 1994; SMEAL e ZHANG, 1994; ARGENTA et al., 2001), trigo (FOX et al., 1994; SCHADCHINA e DMITRIEVA, 1995), arroz (PENG et al., 1993), tomate (GUIMARÃES et al., 1996; GUIMARÃES et al., 1999), pimentão (GODOY et al., 2003) e batata (MINOTTI et al., 1994). Esse modelo apresenta vantagens que o torna atrativo como uma ferramenta de tomada de decisões na suplementação nitrogenada, via estimativa do teor de clorofila das folhas de batata estimado pelo índice SPAD. Valores do índice SPAD na quarta ou quinta folha jovens completamente expandida, entre os 29 a 37 dias após o transplântio, associados com doses de N que permitiram o máximo rendimento de tubérculos

comercializáveis de batata, variaram de 49 a 56 unidades, dependendo do ano, variedade e localidade (MINOTTI et al., 1994).

As leituras do índice SPAD podem auxiliar na identificação de deficiências de N em plantas no campo e na casa de vegetação com potencial de identificar situações onde a aplicação adicional de N não seja necessária.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas plântulas e tubérculos de batata da cultivar Monalisa, originária da Holanda. Esta cultivar possui características como: plantas com elevado vigor, desenvolvimento lento, com boa cobertura do solo, ciclo médio a precoce e elevado potencial produtivo, sendo destacada por estar entre as principais cultivares plantadas no Brasil (LOPES e BUSO, 1999; PEREIRA e DANIELS, 2003).

No presente trabalho foi usado o nome de semente básica, conceituada em Minas Gerais como a “semente assexuada resultante da multiplicação da semente genética ou de semente básica (mudas, mini-tubérculos ou tubérculos) destinada à renovação dos campos sob certificação, produzida sob as condições e normas técnicas, de forma a assegurar o seu estado de sanidade, respeitando os níveis de tolerância estabelecidos” (IMA, 2003). Serão usados os termos micro-tubérculo para aqueles produzidos em tubo de ensaio e mini-tubérculos para aqueles produzidos fora do tubo de ensaio, normalmente pequenos, oriundos de plântulas advindas de cultivo *in vitro*, broto ou mini-tubérculo.

Foram realizados três experimentos (1, 2 e 3) utilizando-se diferentes doses de N aplicadas no substrato. Cada experimento correspondeu a um método

de propagação, ou seja: 1 - plântulas oriundas de cultura de tecido, 2 - broto e 3 - mini-tubérculo, descritos separadamente, a seguir.

Nos três experimentos foram utilizados vasos de plástico de 3 L, previamente limpos, desinfetados e preenchidos com o substrato comercial BioPlant®. O substrato para todos os tratamentos de doses de N foi uniformemente adubado com macro e micronutrientes (Tabela 1), e levemente umedecido antes do plantio. Em todos os experimentos foi usada a cultivar Monalisa.

Tabela 1 – Dose dos fertilizantes aplicada no substrato contido em vaso antes da instalação dos experimentos com batata

Fertilizante	Dose (mg L⁻¹)
Superfosfato Simples	3.380
Sulfato de Magnésio	560
Cloreto de Potássio	200
Ácido Bórico	2,5
Sulfato de Zinco	2,5
Sulfato de Cobre	2,5
Molibdato de Amônio	0,25
Sulfato Ferroso	2,5
Sulfato Manganoso	2,5

Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso. Os experimentos 1 e 2 continham seis repetições e o experimento 3, cinco.

3.1 Obtenção das plântulas para o Experimento 1

3.1.1 Cultura de tecido

No experimento 1 foram usadas plântulas oriundas de cultura de tecidos, obtidas em duas etapas:

- a) micropropagação;
- b) aclimatação;

As etapas foram rotineiramente executadas sem haver comparação de tratamentos.

3.1.1.1 Micropropagação

Esta etapa foi conduzida no Laboratório de Cultura de Tecidos, localizado no prédio do BIOAGRO, situado no campus da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – Minas Gerais. Esta fase iniciou-se no dia 04/02/2004, utilizando-se plântulas da cultivar Monalisa provenientes de tubo de ensaio e isentas de vírus (denominadas como “plântulas mães”), as quais haviam sido multiplicadas por microestacas (single-node cuttings). Estas microestacas viáveis, foram obtidas após o seccionamento das “plântulas mães”, e cultivadas em tubos de ensaio de 25 X 150 mm com 10 mL de meio de cultura.

Foi utilizado o meio padrão de sais M & S (MURASHIGE & SKOOG, 1962), com vitaminas, 20 g L⁻¹ de sacarose, 5 g L⁻¹ de ágar e 0,0133 g L⁻¹ de alar – 64% (daminozide), sendo o pH do meio ajustado para 5,7. As vitaminas adicionadas foram: 2 mg L⁻¹ de glicina; 100 mg L⁻¹ de i-inositol; 0,50 mg L⁻¹ de ácido nicotínico; 0,50 mg L⁻¹ de piridoxina e 0,10 mg L⁻¹ de tiamina.

Cada tubo de ensaio contendo uma microestaca foi fechado com tampa de policarbonato e selado com filme plástico sendo colocado, logo em seguida, em uma câmara de crescimento com temperatura de 26 °C, umidade relativa de 40 % e fotoperíodo de 16 h supridos por lâmpadas fluorescentes com densidade de fluxo fotossintético de 30 µmol m⁻² s⁻¹. Os tubos permaneceram nesse ambiente por 29 dias. Em seguida, foi iniciada a fase de aclimação.

3.1.1.2 Aclimação fora do tubo de ensaio

Esta fase foi realizada no laboratório da Fisiologia Vegetal, localizado no prédio do departamento de Biologia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, em fotoperíodo de 16h, suplementado por lâmpadas fluorescentes, com densidade de fluxo fotossintético de 30 µmol m⁻² s⁻¹. Esta fase iniciou-se em 04/03/2004, quando as plântulas foram retiradas dos tubos de ensaio, tiveram as raízes lavadas em água corrente para eliminar o restante do meio de cultura. Logo em seguida, as plântulas foram transferidas para copos plásticos descartáveis contendo, aproximadamente, 100 mL de substrato comercial BioPlant®, levemente umedecido. Em cada copo foi plantada uma plântula. Em seguida, o copo foi envolto por um saco plástico translúcido, de 18 x 12 cm, de altura e diâmetro, respectivamente, preso na base do copo por um elástico de

borracha, a fim de se criar uma campânula para evitar a redução excessiva da umidade, tanto do substrato quanto do ar.

Passados cinco dias da transferência das plântulas para o copo (dia 09/03/2004), uma das laterais do plástico translúcido que cobria a plântula foi cortada com o intuito de promover uma aproximação das condições do ambiente. No dia 14/03/2004, a parte restante do saco plástico foi cortada (Fig. 1), ficando a parte aérea da planta exposta às condições do ambiente do laboratório.

No dia 24/03/2004, cada plântula foi retirada do copo plástico, juntamente com o substrato, e plantada em vaso contendo substrato, nos diversos tratamentos de doses de N. Em seguida, os vasos foram levados para casa de vegetação.

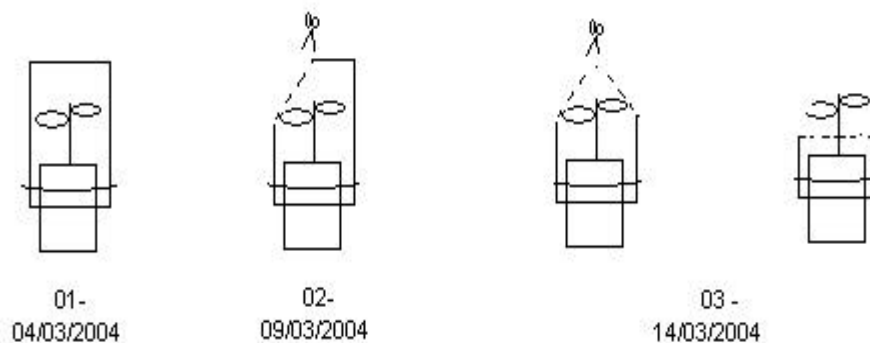


Figura – 1 Esquema do processo de acimatação de plântulas de batata em laboratório.

3.2 Obtenção de propágulo para o Experimento 2

3.2.1 Broto

No experimento 2 foi utilizado broto oriundo de tubérculo-semente, naturalmente brotado, tratado e previamente limpo (BRYAN et al., 1981). O broto foi destacado do “tubérculo-mãe” no dia do plantio (24/03/2004), e plantado em vaso contendo substrato BioPlant®, em casa de vegetação, nos diversos tratamentos de doses de N.

3.3 Obtenção de propágulo para o Experimento 3

3.3.1 Mini-tubérculo

No experimento 3 foi utilizado mini-tubérculo oriundo de outro experimento não relatado nesta tese, de planta propagada por cultura de tecido, e plantada em substrato. Os mini-tubérculos foram plantados em vaso contendo substrato BioPlant®, nos diversos tratamentos de doses de N, mantidas em casa de vegetação.

3.4 Experimentos

Os experimentos foram realizados em vaso, na casa de vegetação da Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, com dimensões de 30,0 x 9,0 (área utilizada foi de 10,0 x 9,0) e altura do pé direito de 3,0 m, com cobertura de vidro de espessura 2,5 mm e com as paredes laterais fechadas com tela anti-afídeos.

Foram realizados três experimentos simultaneamente no período de 24/03/2004, data da transferência das plântulas para os vasos, até 30/06/2004, quando foi realizada a colheita e a classificação dos mini-tubérculos colhidos nos experimentos 1, 2 e 3.

Neste trabalho são denominados mini-tubérculos todos os tubérculos que se encontram entre os tipos V (16 a 23 mm), VI (13 a 16 mm), VII (10 a 13 mm) e VIII (< 10 mm), de acordo com IMA (2003).

Nos experimentos 1 e 2 (cultura de tecido e broto) foram utilizadas duas plantas por vaso e no experimento 3 foi plantado um mini-tubérculo por vaso.

Em cada experimento foram avaliadas cinco doses de N: 0; 50; 100; 200 e 400 mg kg⁻¹ de N, na forma de NH₄NO₃. Cada dose foi diluída em água sendo aplicados 200 mL da solução em cada vaso, diariamente, durante 30 dias, a partir de 23 dias após o plantio (DAP) (16/04/2004 até 16/05/2004).

Em todos os tratamentos a irrigação foi efetuada diariamente conforme a necessidade, sendo determinada a umidade do substrato pelo tato, evitando o excesso de água. A amontoa foi realizada aos 34 dias após o plantio (DAP) adicionando-se mais substrato na parte superior do vaso.

Nos três experimentos, as hastes das plantas foram tutoradas verticalmente com fio de barbante, para evitar que as mesmas se quebrassem.

3.5 Características avaliadas:

3.5.1 Índice SPAD

Este índice foi medido com o clorofilômetro SPAD-502 (Soil-Plant Analysis Development SPAD-Section, Minolta Câmera Co., Ltd., Japan), que possui diodos que emitem feixes de luz a 650nm (vermelho) e 940nm (infravermelho) através da folha, e dois detectores que medem a transmitância da luz através da mesma (GIL, 2001).

A primeira determinação do índice SPAD foi denominada SPAD 1 (S1) sendo realizada aos 37 DAP. A partir da primeira medição foram realizadas medições, semanalmente, durante 5 semanas aos 44 (S2), 51 (S3), 58 (S4), 65 (S5) e 72 (S6) dias após o plantio. As leituras do índice SPAD foram realizadas no período matinal, na quarta folha a partir do ápice (LQ). Nas mesmas épocas, também foram realizadas leituras do índice SPAD em uma folha fixa, a segunda folha a partir da base da planta (LF); essa leitura foi sempre efetuada em uma mesma folha, previamente marcada.

Aos 79 DAP foi medido o índice SPAD (S7) na LQ imediatamente antes da mesma ser destacada de cada planta útil para a posterior análise do teor de N-NO_3^- na massa seca (MS).

3.5.2 Altura das plantas

A determinação da altura da planta foi realizada com o auxílio de uma régua, a partir do nível do substrato até a região apical da planta; para plantas com mais de uma haste foi determinada a média da altura destas hastes. As medições foram efetuadas semanalmente, nos dias 19/05, 05/06 e 12/06, correspondentes a 51, 58 e 72 DAP.

3.5.3 Número de folhas

A contagem do número de folhas por planta foi realizada no dia 07/05/2004 aos 44 DAP.

3.5.4 Teor de N-NO_3^- na massa seca

A LQ coletada aos 79 DAP foi submetida à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 72 ± 2 °C até peso constante, quando foi passada em moinho tipo Wiley e peneirado em malha de 20 mesh. Posteriormente, em uma sub-amostra, o N-NO_3^- foi extraído com água desmineralizada, em banho-maria, a 45°C, sendo a concentração de N-NO_3^- determinada por colorimetria, em espectrofotômetro, a 410 nm (CATALDO et al., 1975).

3.5.5 Massa seca da quarta folha (MSQF), de folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR), mini-tubérculos (MSMT), total (MST) e classificação dos tubérculos

Aos 98 DAP, após a senescência natural da parte aérea, as plantas foram colhidas e os órgãos separados, sendo determinadas as massas secas (MS) de folhas, caules, raízes e dos mini-tubérculos. Para a determinação do teor da massa seca, amostras foram pesadas antes e depois da secagem até peso constante, em estufa de circulação forçada de ar, a 72 ± 2 °C.

Antes de serem secos, os tubérculos colhidos foram contados, pesados e classificados conforme Portaria nº 567, de 30 de Janeiro de 2003 (IMA, 2003), que dispõe de normas, padrões e procedimentos para a certificação de material propagativo de batata no Estado de Minas Gerais (Tabela 2).

Tabela 2 – Tipos de tubérculos de batata-semente em função do diâmetro transversal. (IMA, 2003).

Tipos de tubérculos	Diâmetro transversal do tubérculo (mm)
0	Acima de 60 ¹
I	50 a 60
II	40 a 50
III	30 a 40
IV	23 a 30
V	16 a 23
VI	13 a 16
VII	10 a 13
VIII	Abaixo de 10

¹ Tipo permitido somente para as classes básica e registrada.

3.5.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e regressão. Os modelos de regressão foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando o teste F, com o nível de 5 % e 1 % de probabilidade, na lógica biológica e no coeficiente de determinação. Foram avaliados os modelos linear, quadrático, cúbico, linear raiz, quadrático raiz e cúbico raiz; quando possível, foi calculado o ponto de máximo, por derivação.

4 RESULTADOS

4.1 Cultura de Tecidos – Experimento 1

4.1.1 Índice de clorofila

Não houve efeito de dose de N sobre as seguintes variáveis: leituras obtidas com o clorofilômetro SPAD 502 na quarta folha a partir do ápice (LQ) aos 37 DAP (LQS1) e 44 DAP (LQS2) e na folha fixa (LF) aos 37 DAP (LFS1), 51 DAP (LFS3) e 58 DAP (LFS4). Na Tabela 3 são apresentados os valores médios dessas variáveis.

Tabela 3 -Valores das leituras obtidas com o clorofilômetro SPAD 502 na quarta folha a partir do ápice (LQ) aos 37 (S1) e 44 (S2) dias após o plantio, e na folha fixa (LF) aos 37 (S1), 51 (S3) e 58 (S4) dias após o plantio (DAP). Experimento com plântulas de batata.

Variáveis	Valor da leitura SPAD
LQS1	41,46
LQS2	39,42
LFS1	32,24
LFS3	30,80
LFS4	30,02

Houve efeito de doses de N sobre as variáveis: leitura obtida com o clorofilômetro SPAD 502 na quarta folha a partir do ápice (LQ) aos 51 DAP (LQS3), 58 DAP (LQS4), 65 DAP (LQS5), 72 DAP (LQS6) e 79 DAP (LQS7), e leitura na folha fixa (LF) aos 44 DAP (LFS2), 65 DAP (LFS5) e 72 DAP (LFS6).

Os modelos que melhor descreveram o efeito do N sobre LQ estão apresentados na Tabela 4.

O índice SPAD medido na quarta folha (LQ), aos 51 (LQS3), 58 (LQS4), 72 (LQS6) e 79 DAP (LQS7), aumentaram de forma quadrática em função das doses de N aplicadas ao substrato (Tabela 4).

Tabela 4 - Equações ajustadas em função das doses de nitrogênio (N) aplicadas ao substrato sobre o índice SPAD na quarta folha a partir do ápice (LQ), aos 51 (LQS3), 58 (LQS4), 65 (LQS5), 72 (LQS6) e 79 dias após o plantio (LQS7). Experimento com plântulas de batata.

Variáveis	Equações ajustadas	r ²
LQS3	SPAD = 34,129 + 0,09 N – 0,0002 N ²	0,98 **
LQS4	SPAD = 30,46 + 0,0513 N – 0,00009 N ²	0,99 **
LQS5	SPAD = 30,459 + 0,0167 N	0,79 **
LQS6	SPAD = 19,645 + 0,0853 N – 0,0002 N ²	0,89 **
LQS7	SPAD = 24,168 + 0,040 N – 0,000068 N ²	0,64 **

** equação significativa a 1 % de probabilidade pelo teste “F”.

Na folha fixa (LF), o índice SPAD medido aos 44 (LFS2) e 72 DAT (LFS6) aumentaram de forma quadrática e aos 65 DAT (LFS5) linear, em função das doses de N aplicadas ao substrato (Tabela 5).

Tabela 5 - Equações ajustadas em função das doses de nitrogênio (N) aplicadas ao substrato sobre o índice SPAD na folha fixa, aos 44 (LFS2), 65 (LFS5) e 72 dias após o plantio (LFS6). Experimento com plântulas de batata.

Variáveis	Equações ajustadas	r ²
LFS2	SPAD = 29,928 + 0,0319 N – 0,00008 N ²	0,89 *
LFS5	SPAD = 26,543 + 0,0082 N	0,71 **
LFS6	SPAD = 16,265 + 0,063 N – 0,0001 N ²	0,89 **

** equação significativa a 1 % de probabilidade pelo teste “F”.

* equação significativa a 5 % de probabilidade pelo teste “F”.

Os valores do índice SPAD associados com a dose zero de N, que foi a dose que propiciou a maior produção de mini-tubérculos (variável que será apresentada em 4.1.7), estão mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Valor estimado de SPAD medido na quarta folha a partir do ápice aos 51 (LQS3), 58 (LQS4), 65 (LQS5), 72 (LQS6) e 79 dias após o plantio (LQS7), e folha fixa aos 44 (LFS2), 65 (LFS5) e 72 dias após o plantio (LFS6) associado à dose de nitrogênio (N) que propiciou a maior produção de mini-tubérculos. Experimento com plântulas de batata.

Variáveis	Valor SPAD
LQS3	34,13
LQS4	30,46
LQS5	30,46
LQS6	19,65
LQS7	24,17

LFS2	29,93
LFS5	26,54
LFS6	16,27

A evolução das leituras SPAD em LQ e LF ao longo do ciclo da cultura da batateira com o uso das doses 0 e 400 mg kg⁻¹ de N por vaso estão nas Figuras 2 e 3, respectivamente. Tanto para a dose de 0 quanto de 400 mg kg⁻¹ de N por vaso houve redução da leitura do índice SPAD (L) em LQ e LF ao longo do ciclo da cultura. No entanto, até os 58 DAP a redução no SPAD foi mais acentuada com a dose 0 (Figura 2), sobretudo na LQ, talvez pela depleção no N no substrato. Nesse tratamento, a planta dispunha somente do N colocado inicialmente no meio de cultivo “in-vitro” e do N existente no substrato. Com a evolução do ciclo da cultura, a diferença existente no índice SPAD da LQ e LF foi sendo reduzida indicando talvez ocorrência de deficiência do elemento (LQ) e/ou remobilização do N (LF) para folhas mais novas.

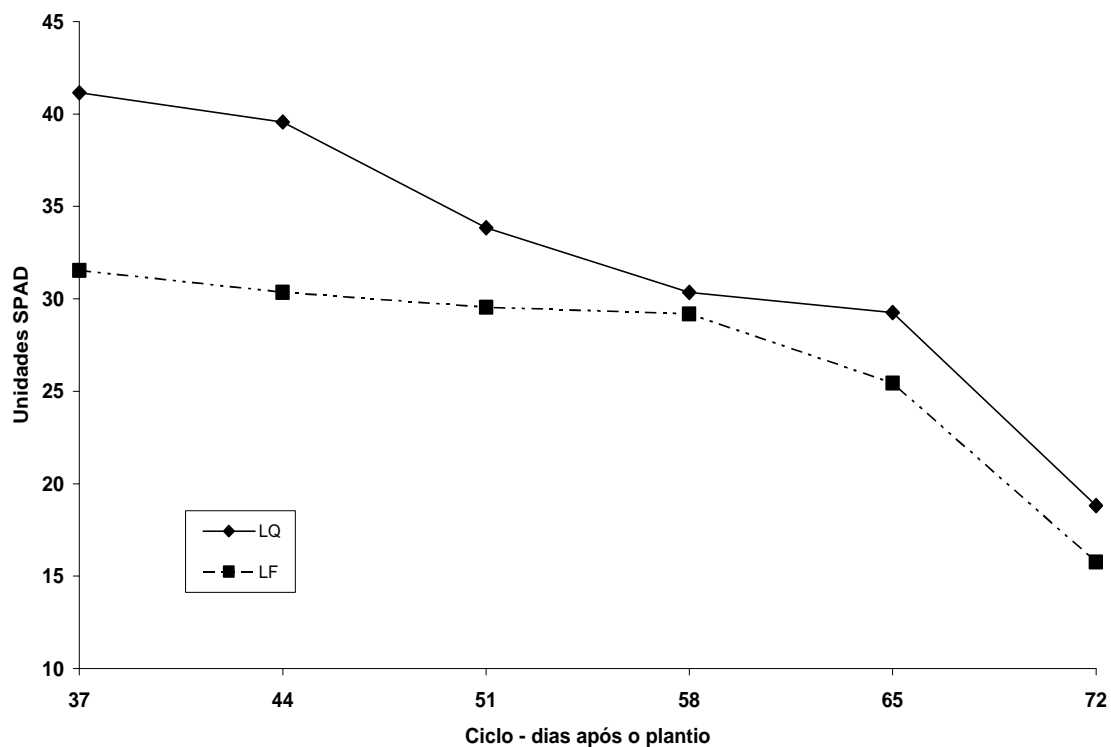


Figura 2 – Evolução das leituras SPAD efetuadas na quarta folha (LQ) e folha fixa (LF) ao longo do ciclo da batateira, no tratamento com 0 mg kg^{-1} de N por vaso. Experimento com plântulas de batata.

Para a dose de 400 mg kg^{-1} de N por vaso também, houve redução da leitura do índice SPAD em LQ e LF ao longo do ciclo da cultura (Figura 3). Quando comparada com a dose 0 mg kg^{-1} de N por vaso a queda foi, aparentemente, menos acentuada, e a diferença da leitura em LQ e LF manteve-se em torno de 8 unidades SPAD, do início até o final do ciclo da cultura.

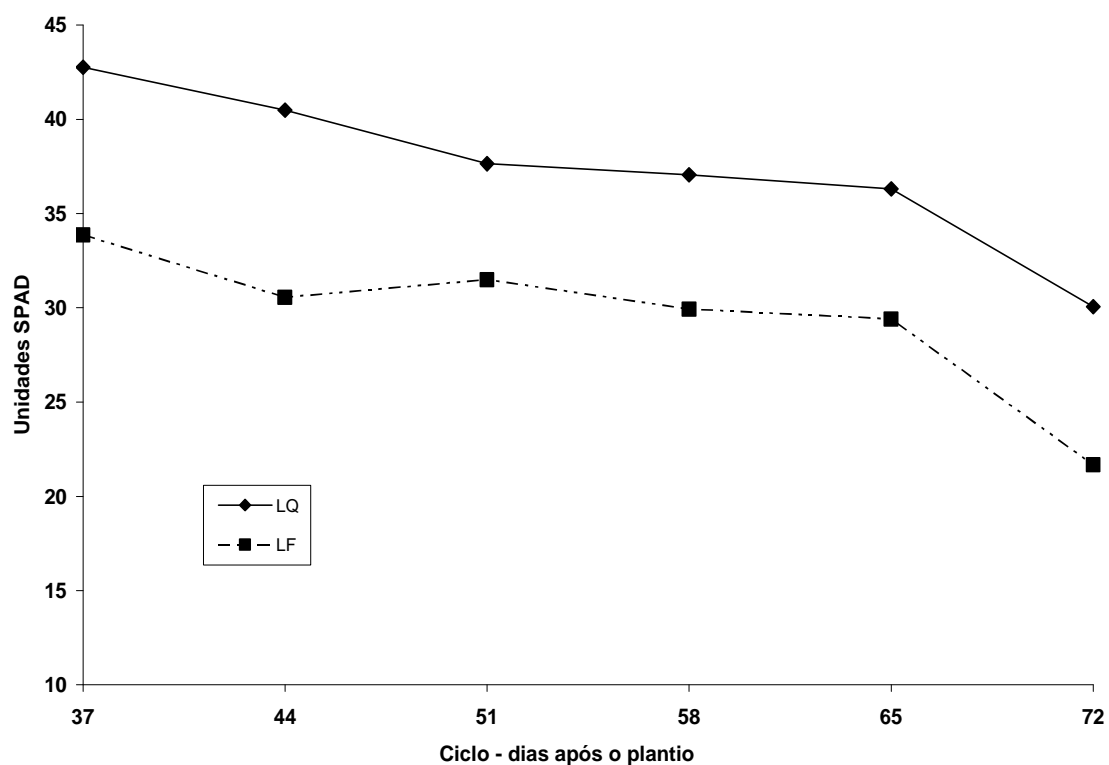


Figura 3 - Evolução das leituras SPAD efetuadas na quarta folha (LQ) e folha fixa (LF) ao longo do ciclo da batateira, no tratamento com 400 mg kg^{-1} de N por vaso. Experimento com plântulas de batata.

4.1.2 Altura das plantas

Houve efeito da dose de N sobre a altura das plantas medidas aos 51 (A1), 58 (A2) e 72 (A3) dias após o plantio (DAP). O modelo que melhor descreveu o efeito do tratamento sobre cada uma variável está na Tabela 7.

Tabela 7 - Equações ajustadas em função das doses de nitrogênio (N) aplicadas ao substrato sobre altura da planta (AT) aos 51 (A1), 58 (A2) e 72 (A3) dias após o plantio. Experimento com plântulas de batata.

Variáveis	Equações ajustadas	r ²
A1	AT = 40,61 – 0,0153 N	0,93 *
A2	AT = 42,546 – 0,0167 N	0,88 *
A3	AT = 43,40 – 0,0152 N	0,92 *

* equação significativa a 5 % de probabilidade pelo teste “F”.

Embora tenha aumentado com o passar do tempo (Figura 4) para as doses 0 e 400 mg kg⁻¹ de N por vaso, a altura da planta reduziu de forma linear com o aumento da dose de N (Tabela 7), indicando efeito negativo de adição de N sobre essa característica.

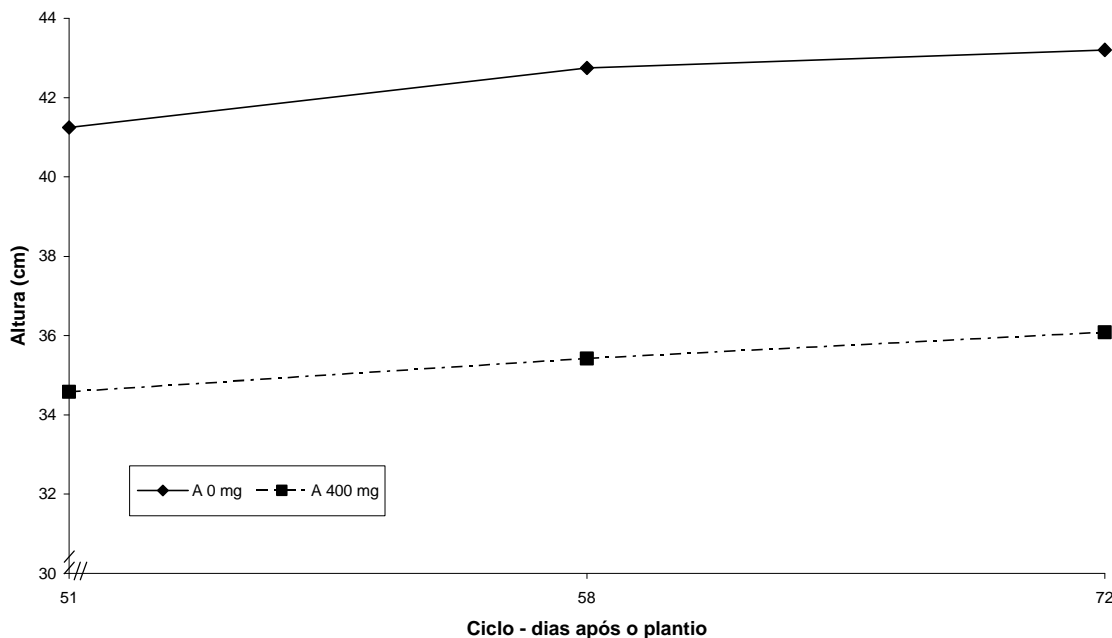


Figura 4 –Evolução da altura da planta aos 51, 58 e 72 dias após o plantio com adição das doses 0 e 400 mg kg⁻¹ de N por vaso. Experimento com plântulas de batata.

4.1.3 Número de folhas

Não houve efeito de doses de N sobre o número de folhas (NF) avaliado em única data, aos 44 DAP, sendo que o valor médio foi 42,6 folhas / planta.

4.1.4 Teor de N-NO₃⁻ na massa seca da quarta folha (LQ)

Houve efeito de doses de N sobre o teor de N-NO₃⁻ da massa seca da quarta folha (LQ) da batateira em determinação única realizada aos 79 DAP (LQS7). O incremento da dose de N propiciou aumento de forma quadrática no teor de N- NO₃⁻ da massa seca da LQ da batateira (Figura 5), atingindo o valor máximo de 1,5 dag kg⁻¹ com a dose de 358,3 mg kg⁻¹ de N. Para a dose zero de N, que propiciou a maior produção de tubérculos (item 4.1.7), o valor do teor de N- NO₃⁻ na LQS7 foi 0,0143 dag kg⁻¹, isto é, o acúmulo de NO₃⁻ nesta folha seria mínimo.

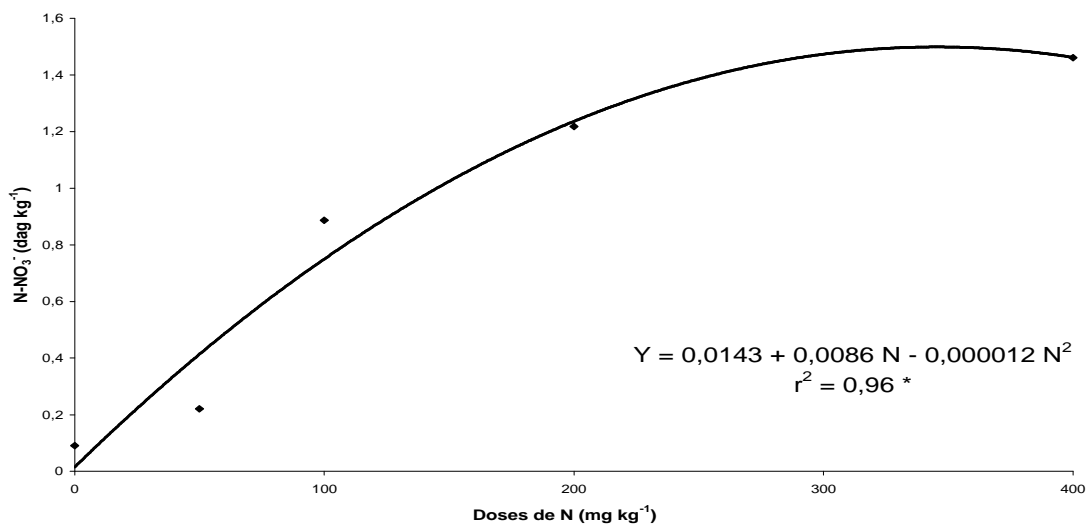


Figura 5 - Teor de N- NO₃⁻ (dag kg⁻¹) na massa seca da quarta folha da batateira aos 79 DAP (LQS7) em função de doses de nitrogênio aplicadas ao substrato. Experimento com plântulas de batata.

4.1.5 Massa seca da quarta folha (MSQF), de folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e tubérculos (MSTB)

Não houve efeito de doses de N sobre as seguintes variáveis: massa seca da quarta folha (MSQF), de folhas (MSF), caules (MSC) e raízes (MSR), avaliada aos 98 DAP, sendo que o valor médio de cada variável está na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores da massa seca da quarta folha (MSQF), de folhas (MSF), caules (MSC) e raízes (MSR), em função das doses de nitrogênio aplicadas ao substrato. Experimento com plântulas de batata.

Variáveis	Massa Seca (g vaso ⁻¹)
MSQF	0,230
MSF	3,405
MSC	0,895
MSR	0,217

Houve efeito de doses de N sobre a massa seca dos tubérculos (MSTB), sendo que o modelo que melhor descreveu esse efeito está na Figura 6. O aumento na dose de N propiciou redução linear na MSTB, com a produção de 25,74 g vaso⁻¹ na dose zero de N.

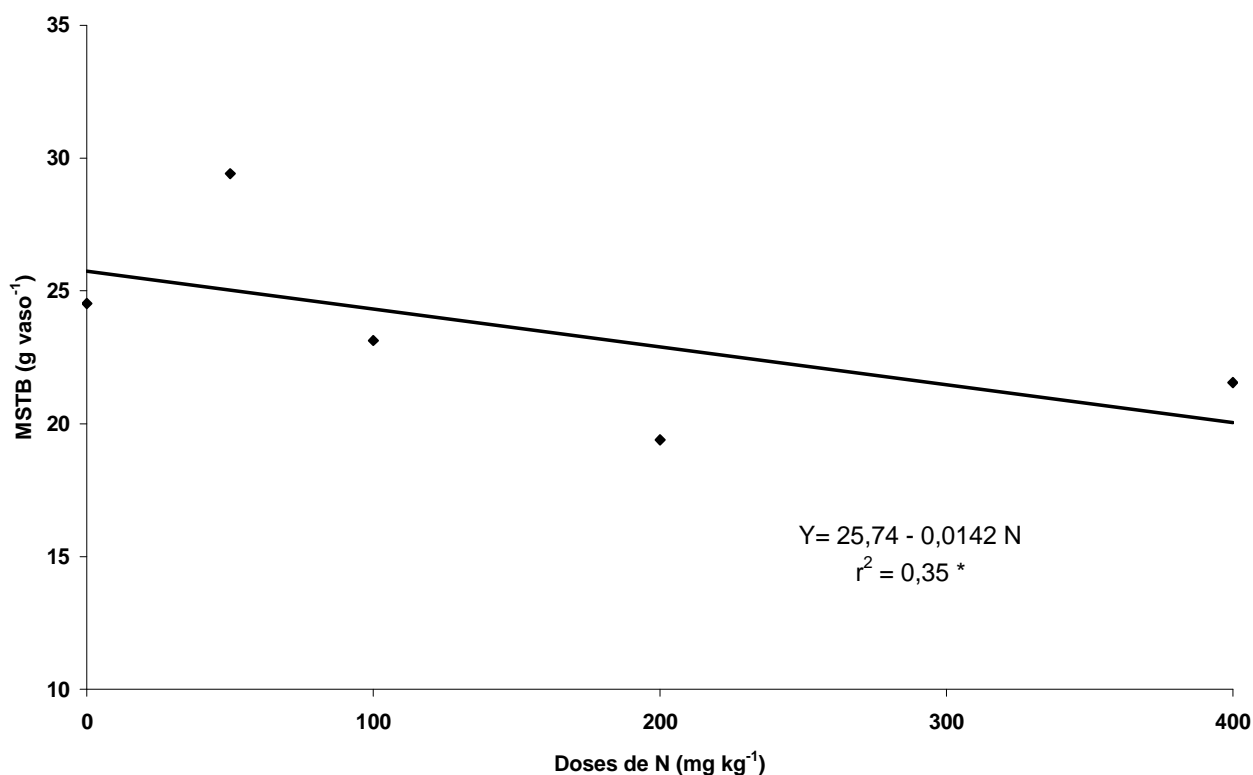


Figura 6 - Massa seca dos tubérculos (MSTB) em função das doses de N aplicadas ao substrato. Experimento com plântulas de batata.

4.1.6 Massa seca total

Houve efeito de doses de N sobre a massa seca total (MST) por vaso, em planta de batateira, e o modelo que melhor descreveu esse efeito está na Figura 7. O aumento na dose de N também propiciou redução linear em MST, com o valor máximo de 31,93 g vaso⁻¹ quando associada à dose zero de N que propiciou a maior produção de tubérculos.

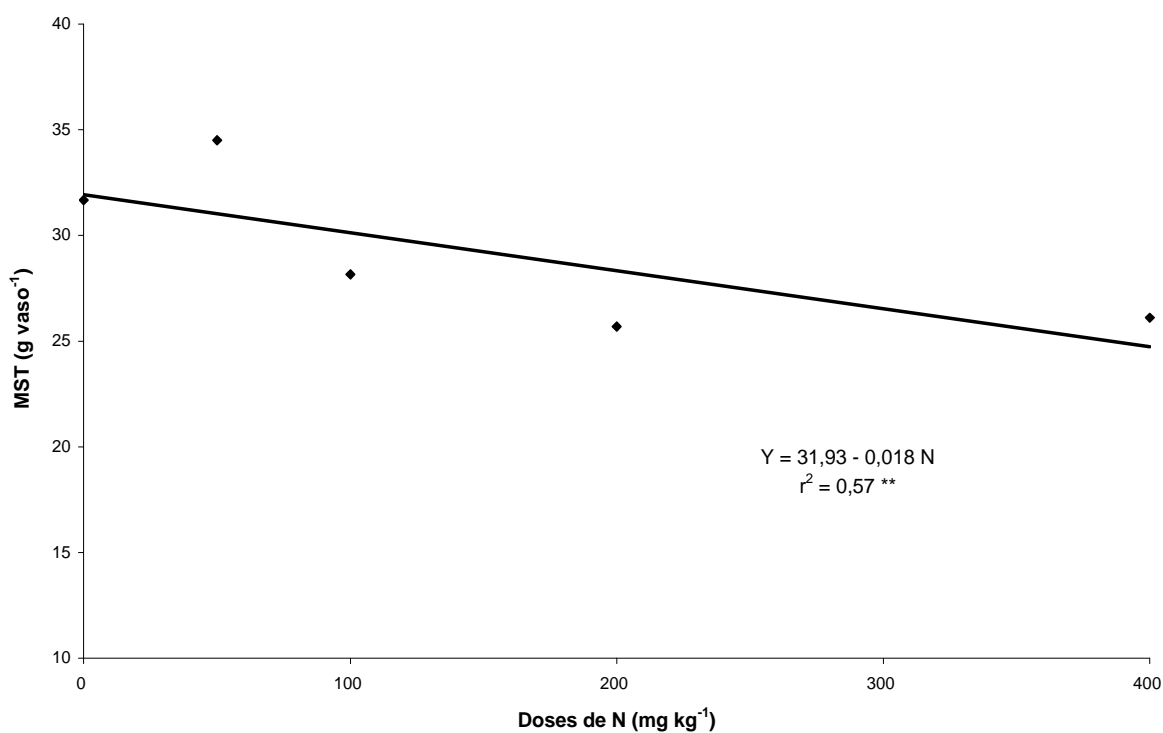


Figura 7 – Massa seca total (MST) de planta de batata em função das doses de N aplicadas ao substrato. Experimento com plântulas de batata.

4.1.7 Produção de tubérculos

A produção de tubérculos (PT) por vaso foi reduzida linearmente com aumento da dose de N aplicada ao substrato (Figura 8), sendo obtido o valor máximo de 138,8 g vaso⁻¹, sem a adição de N.

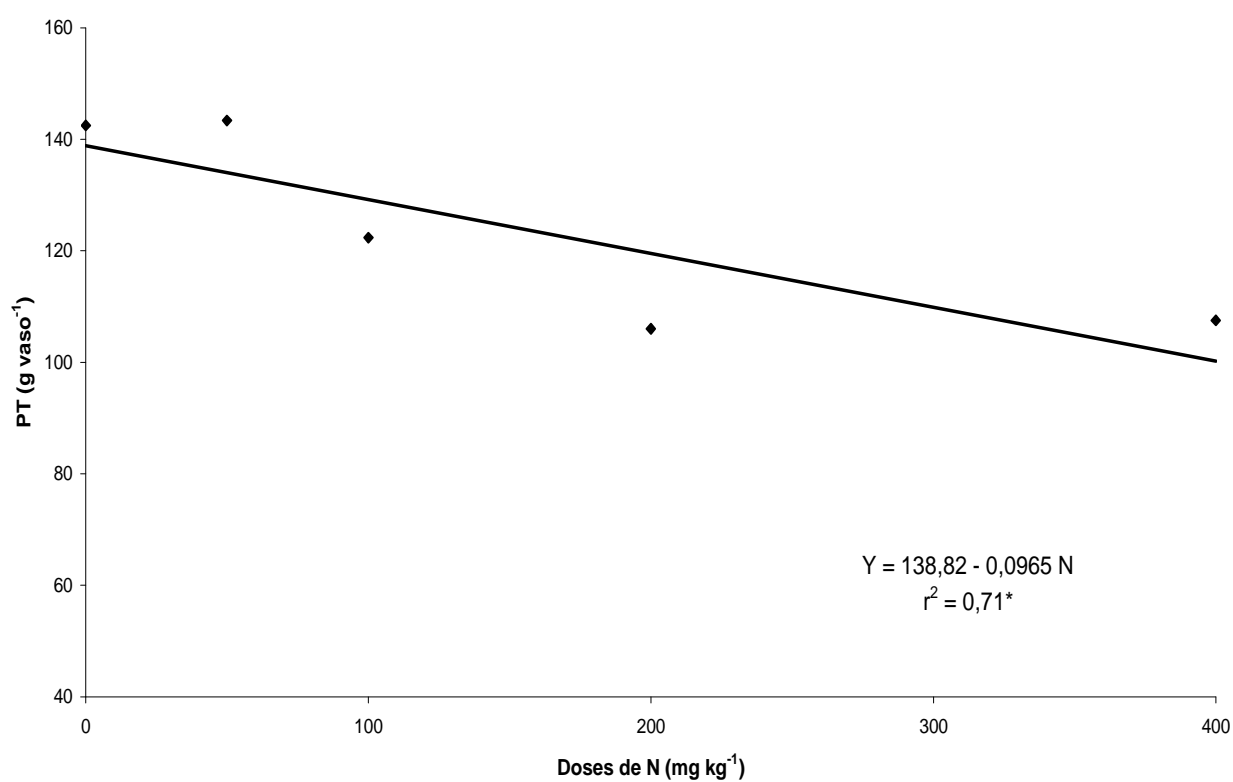


Figura 8 – Produção de tubérculos (PT) de batata, em função de doses de nitrogênio no substrato. Experimento com plântulas de batata.

4.1.8 Classificação

Não houve efeito da dose de N aplicada ao substrato, para a variável número de tubérculos por vaso, sendo o valor médio de 9,56.

Não foi avaliado, estatisticamente, o efeito do tratamento, doses de N, sobre a classificação de tubérculos, contudo estes foram divididos em seus respectivos tipos em função da dose de N. A maior frequência de tubérculos ficou nos tipos III, IV, V e VI (Tabela 9), ou seja, cerca de 79 % do número total de tubérculos produzidos ficaram abaixo do tipo VII e a maior porcentagem, cerca de 37 %, foi do tipo IV.

A massa média de cada tubérculo foi 63,2; 33,9; 13,8; 5,4; 2,0; 1,1 e 0,4 g para os tipos de II a VIII, respectivamente.

Tabela 9 – Número e massa (g) de tipos de tubérculos de batata por vaso, em função de dose de nitrogênio no substrato. Experimento com plântulas de batata.

Dose	Tipos																	
	0		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa
0	0	0	0	0	0	0	2	65,08	3,67	46,05	2,33	15,43	1,17	2,93	0,83	0,94	0,83	0,45
50	0	0	0	0	0	0	2	70,99	4,83	63,27	1,83	7,34	0,5	0,8	0,83	0,88	0,33	0,11
100	0	0	0	0	0,33	20,83	0,83	20,94	3,83	71,41	1,5	7,46	0,83	1,15	0,33	0,33	0,5	0,22
200	0	0	0	0	0	0	1,33	47,23	3	36,37	2	10,86	1,83	3,77	1,17	1,17	0,33	0,16
400	0	0	0	0	0	0	1	37,85	3,5	43,51	3,67	20,3	1,83	4,72	0,67	0,7	1,33	0,41
Média	0	0	0	0	0,066	4,17	1,43	48,42	3,77	52,13	2,27	12,28	1,32	2,67	0,77	0,81	0,67	0,27
% do total	0	0	0	0	0,65	3,45	14,04	4,10	36,93	43,17	20,20	10,17	12,07	2,22	7,60	0,67	6,51	0,22

Tipos 0: > 60 mm; I : 50 – 60 mm; II : 40 – 50 mm; III: 30 – 40 mm; IV: 23 – 30 mm; V: 16 – 23 mm; VI: 13 – 16mm; VII: 10 – 13mm e VIII: < 10mm.

4.2 Brotos – Experimento 2

4.2.1 Índice de clorofila

Houve efeito de doses de N sobre as seguintes variáveis: leitura obtida com clorofilômetro SPAD 502 na quarta folha a partir do ápice (LQ) em plantas de batata multiplicadas por brotos aos 37 (LQS1), 44 (LQS2), 51 (LQS3), 58 (LQS4), 65 (LQS5), 72 (LQS6) e 79 (LQS7) dias após o plantio (DAP) e leitura na folha fixa (LF) aos 37 (LFS1), 44 (LFS2), 51 (LFS3), 58 (LFS4), 65 (LFS5) e 72 (LFS6) DAP.

O modelo que melhor descreveu o efeito de dose de N sobre as leituras SPAD na LQ está na Tabela 10; sendo quadrático para LQS1, LQS4, LQS5, LQS6 e LQS7. Os valores máximos estimados, para essas folhas, foram de 49,37; 39,67; 36,41; 31,06 e 33,19, respectivamente. Aos 44 (LQS2) e 51 DAP (LQS3) o índice SPAD aumentou de forma linear com aumento da dose de N aplicada ao substrato.

Tabela 10 - Equações ajustadas em função das doses de nitrogênio (N) aplicadas ao substrato sobre o índice SPAD na quarta folha completamente expandida a partir do ápice (LQ), aos 37 (LQS1), 44 (LQS2), 51 (LQS3), 58 (LQS4), 65 (LQS5), 72 (LQS6) e 79 (LQS7) dias após o plantio (DAP). Experimento com broto de batata.

Variáveis	Equações ajustadas	r ²
LQS1	SPAD = 42,56 + 0,042 N – 0,000065 N ²	0,99 *
LQS2	SPAD = 37,92 + 0,016 N	0,93 **
LQS3	SPAD = 37,12 + 0,027 N	0,85 **
LQS4	SPAD = 27,95 + 0,060 N – 0,000076 N ²	0,98 *
LQS5	SPAD = 25,80 + 0,047 N – 0,000052 N ²	0,99 *
LQS6	SPAD = 18,16 + 0,085 N – 0,00014 N ²	0,93 **
LQS7	SPAD = 20,08 + 0,089 N – 0,00015 N ²	0,96 **

** equação significativa a 1 % de probabilidade pelo teste “F”.

* equação significativa a 5 % de probabilidade pelo teste “F”.

Os modelos ajustados para o efeito de doses de N sobre a leitura SPAD na folha fixa (LF) estão na Tabela 11. O índice SPAD medido em LFS3, LFS5 e LFS6 aumentou de forma quadrática em função das doses de N aplicada ao substrato, atingindo os valores máximos estimados de 33,71; 29,08 e 27,45, respectivamente.

Tabela 11 - Equações ajustadas em função das doses de nitrogênio (N) aplicadas ao substrato sobre o índice SPAD na folha fixa, aos 37 (LFS1), 44 (LFS2), 51 (LFS3), 58 (LFS4), 65 (LFS5) e 72 (LFS6) dias após o plantio (DAP). Experimento com broto de batata.

Variáveis	Equações ajustadas	r ²
LFS1	SPAD = 32,72 + 0,0073 N	0,78 **
LFS2	SPAD = 30,85 + 0,011 N	0,64 **
LFS3	SPAD = 26,75 + 0,0525 N – 0,000099 N ²	0,91 *
LFS4	SPAD = 27,16 + 0,0094 N	0,58 *
LFS5	SPAD = 21,43 + 0,07 N – 0,0002 N ²	0,96 *
LFS6	SPAD = 10,625 + 0,116 N – 0,0002 N ²	0,98**

** equação significativa a 1 % de probabilidade pelo teste “F”.

* equação significativa a 5 % de probabilidade pelo teste “F”.

Os valores do índice SPAD associados com a dose de N para à máxima produção de tubérculos (176,50 mg kg⁻¹ - variável que será apresentada em 4.2.6), tanto para LQ quanto para LF estão nas Tabelas 12 e 13, respectivamente. Os valores dos índices SPAD em LQ e LF variaram em função das doses de N aplicadas ao substrato, porém, em LF os valores foram inferiores quando comparados a LQ, sendo que a diferença das leituras esteve entre 13,94 a 3,67 unidades SPAD para leitura S1 e S5, respectivamente.

Tabela 12 – Valor estimado de SPAD medido na quarta folha a partir do ápice aos 37 (LQS1), 44 (LQS2), 51 (LQS3), 58 (LQS4), 65 (LQS5), 72 (LQS6) e 79 (LQS7) dias após o plantio (DAP) associado à dose de nitrogênio (N) que propiciou a maior produção de tubérculos. Experimento com broto de batata.

Variáveis	Valor SPAD
LQS1	47,94
LQS2	40,74
LQS3	41,88
LQS4	36,17
LQS5	32,47
LQS6	28,80
LQS7	31,11

Tabela 13- Valor estimado de SPAD medido na folha fixa, aos 37 (LFS1), 44 (LFS2), 51 (LFS3), 58 (LFS4), 65 (LFS5) e 72 (LFS6) dias após o plantio (DAP) associado à dose de nitrogênio (N) que propiciou a maior produção de tubérculos. Experimento com broto de batata.

Variáveis	Valor SPAD
LFS1	34,00
LFS2	32,79
LFS3	32,93
LFS4	28,81
LFS5	28,80
LFS6	24,87

A evolução das leituras SPAD em LQ e LF ao longo do ciclo da cultura da batateira com o uso das doses 0 e 400 mg kg⁻¹ de N por vaso estão nas Figuras 9 e 10, respectivamente. Tanto para a dose 0 quanto 400 mg kg⁻¹ de N por vaso houve redução da leitura do índice SPAD em LQ e LF ao longo do ciclo da cultura; no entanto, a redução no SPAD foi mais acentuada com a dose 0 (Figura 9), talvez pela depleção no N no substrato, nesse tratamento, a planta dispunha somente do N contido inicialmente substrato. Com a evolução do ciclo da cultura, a diferença existente no índice SPAD da LQ e LF foi sendo reduzida, chegando a valores inferiores a 2 unidades SPAD, indicando talvez ocorrência acentuada de depleção do elemento no substrato.

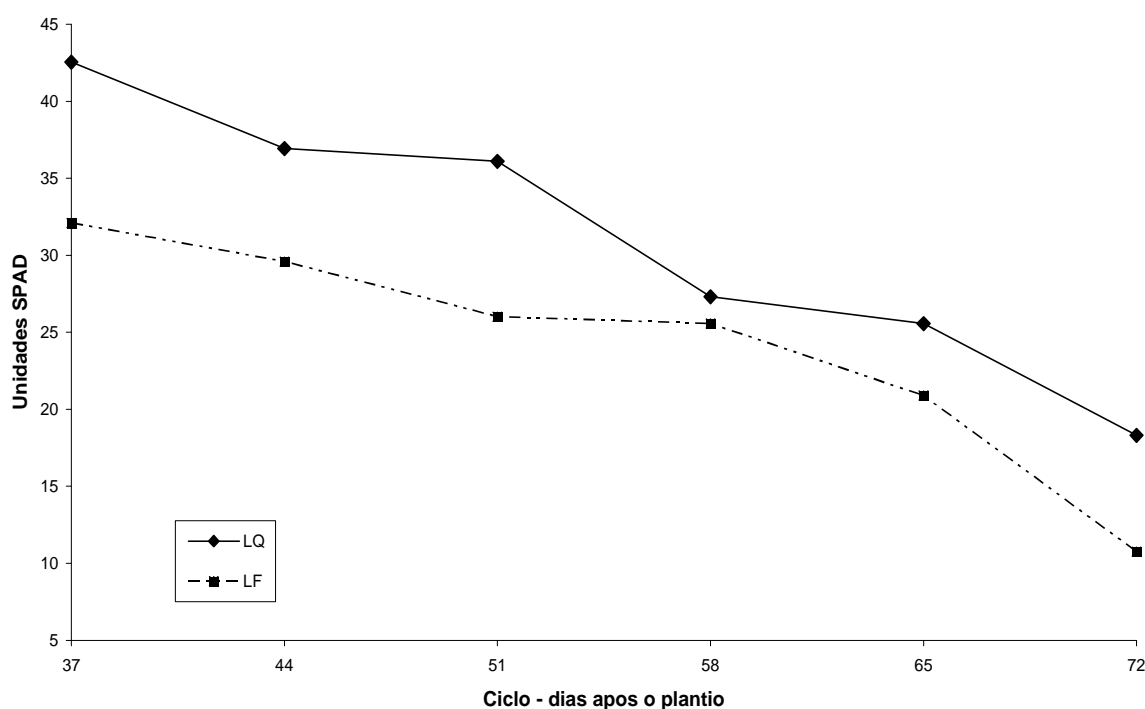


Figura 9 – Evolução das leituras SPAD efetuadas na quarta folha (LQ) e folha fixa (LF) ao longo do ciclo da batateira, no tratamento com 0 mg kg⁻¹ de N por vaso. Experimento com broto de batata.

Para a dose de 400 mg kg^{-1} de N por vaso, também houve redução da leitura do índice SPAD na LQ e LF ao longo do ciclo da cultura (Figura 10). Quando comparada com a dose de 0 mg kg^{-1} de N por vaso, a queda foi relativamente menos acentuada, e a diferença da leitura em LQ e LF manteve-se acima de 9,20 unidades SPAD, do início até o final do ciclo da cultura.

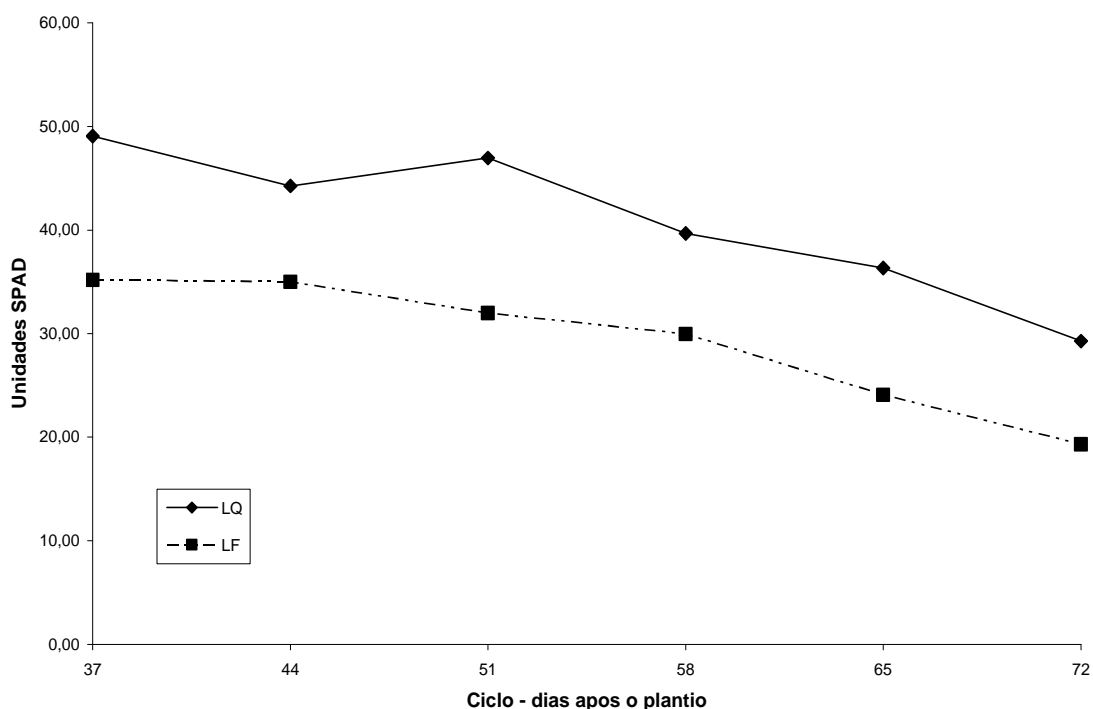


Figura 10 - Evolução das leituras SPAD efetuadas na quarta folha (LQ) e folha fixa (LF) ao longo do ciclo da batateira, no tratamento com 400 mg kg^{-1} de N por vaso. Experimento com broto de batata.

4.2.2 Altura das plantas

Houve efeito de doses de N sobre a altura da planta medida aos 51 (A1), 58 (A2) e 72 (A3) dias após o plantio, e o modelo que melhor descreveu esse efeito está na Tabela 14, com resposta quadrática às doses de N aplicadas ao substrato. Os valores de A1, A2 e A3 associados à dose de N para a máxima

produção de mini-tubérculos ($176,50 \text{ mg kg}^{-1}$ - variável que será apresentada em 4.2.6), foram 53,1; 55,9 e 57,6 cm, respectivamente.

Tabela 14 - Equações ajustadas para altura da planta (AT) aos 51 (A1), 58 (A2) e 72 (A3) dias após o plantio, em função das doses de nitrogênio (N) aplicadas ao substrato. Experimento com broto de batata.

Variáveis	Equações ajustadas	r^2
A1	$AT = 48,44 + 0,044 N - 0,00011 N^2$	0,86 *
A2	$AT = 49,38 + 0,072 N - 0,00018 N^2$	0,95 **
A3	$AT = 49,47 + 0,081 N - 0,0002 N^2$	0,95 **

** equação significativa a 1 % de probabilidade pelo teste “F”.

* equação significativa a 5 % de probabilidade pelo teste “F”.

4.2.3 Número de folhas

Não houve efeito de doses de N sobre o número de folhas (NF), avaliado aos 44 DAP, sendo que o valor médio foi 15 folhas por planta.

4.2.4 Teor de N-NO_3^- na massa seca da quarta folha (LQ)

Houve efeito de doses de N sobre o teor de N-NO_3^- da massa seca da quarta folha (LQ) da batateira em determinação única realizada aos 79 DAP (LQS7). O incremento da dose de N aplicada propiciou aumento de forma quadrática do teor de N-NO_3^- na massa seca de LQ (Figura 11), atingindo o valor de $2,18 \text{ dag kg}^{-1}$ com a dose máxima aplicada (400 mg kg^{-1} de N). Para a dose de

N que propiciou a maior produção estimada de tubérculos ($176,50 \text{ mg kg}^{-1}$), o valor do teor de N-NO_3^- estimado foi $1,37 \text{ dag kg}^{-1}$.

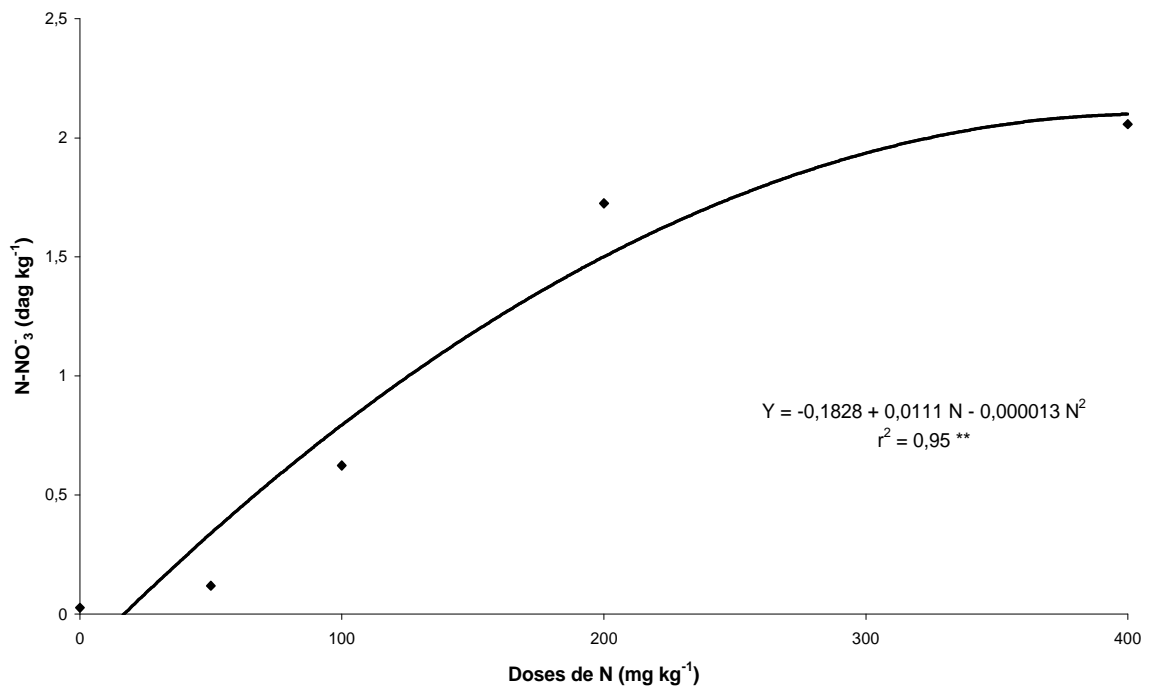


Figura 11 - Teor de N-NO_3^- (dag kg^{-1}) na massa seca da quarta folha da batateira em função de doses de nitrogênio aplicadas ao substrato. Experimento com broto de batata.

4.2.5 Massa seca da quarta folha (MSQF), de folhas (MSF), caules (MSC) e raízes (MSR).

Não houve efeito de doses de N sobre a massa seca da quarta folha (MSQF), sendo que o valor médio foi $0,33 \text{ g vaso}^{-1}$. Todavia, houve efeito de doses de N sobre a massa seca das folhas (MSF), dos caules (MSC) e das raízes (MSR). Os modelos que melhor descreveram o efeito do N sobre essas variáveis estão nas Figuras 12, 13 e 14, respectivamente.

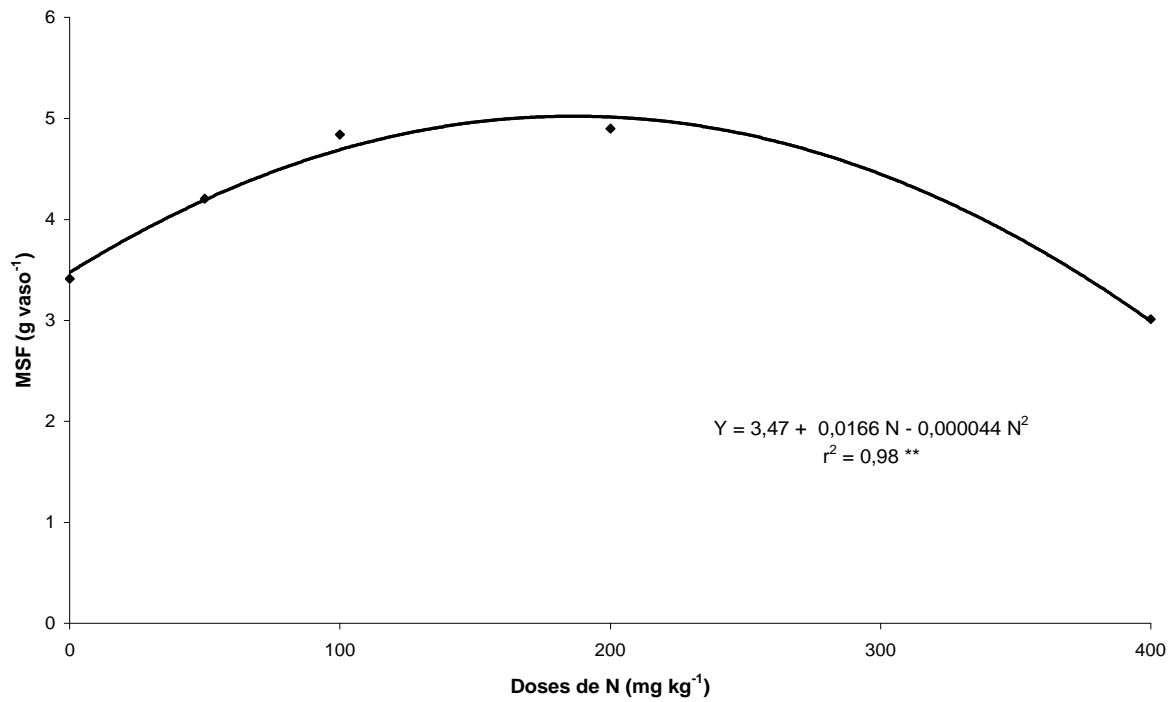


Figura 12 - Massa seca das folhas (MSF) em função das doses de N aplicados ao substrato. Experimento com broto de batata.

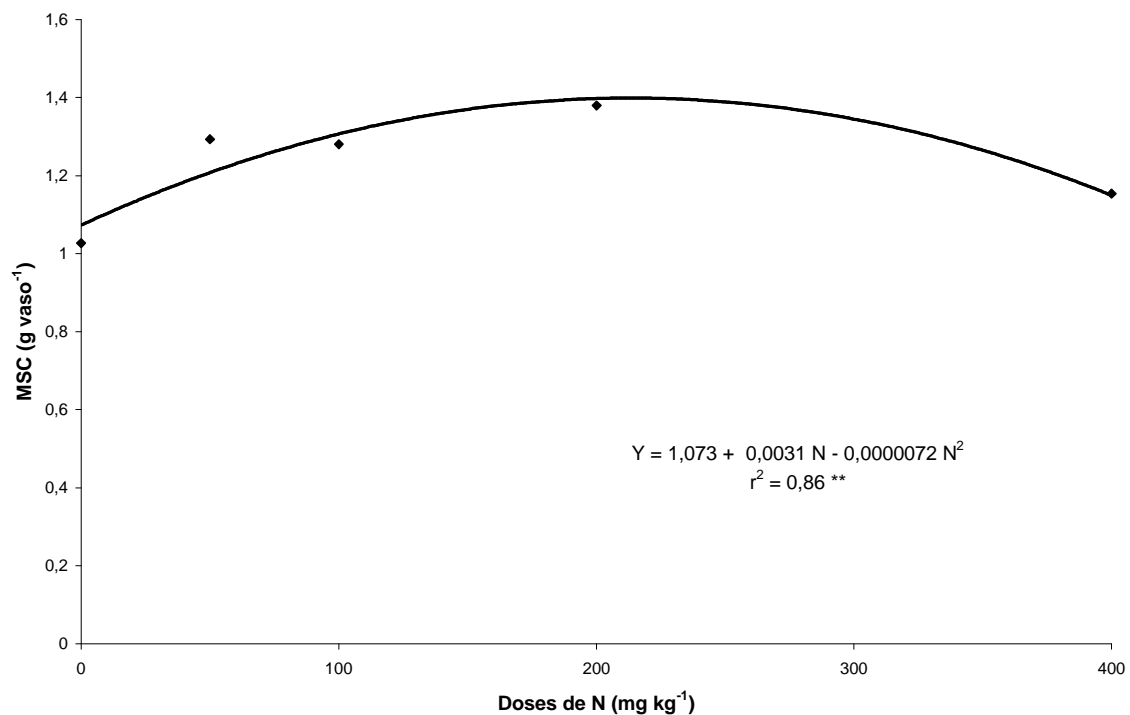


Figura 13 - Massa seca do caule (MSC) em função das doses de N aplicados ao substrato. Experimento com broto de batata.

Os valores das massas seca de folhas, caules e raízes associado à dose de N para a máxima produção de mini-tubérculos ($176,50 \text{ mg kg}^{-1}$), foram de 5,03; 1,40 e $0,44 \text{ g vaso}^{-1}$, respectivamente.

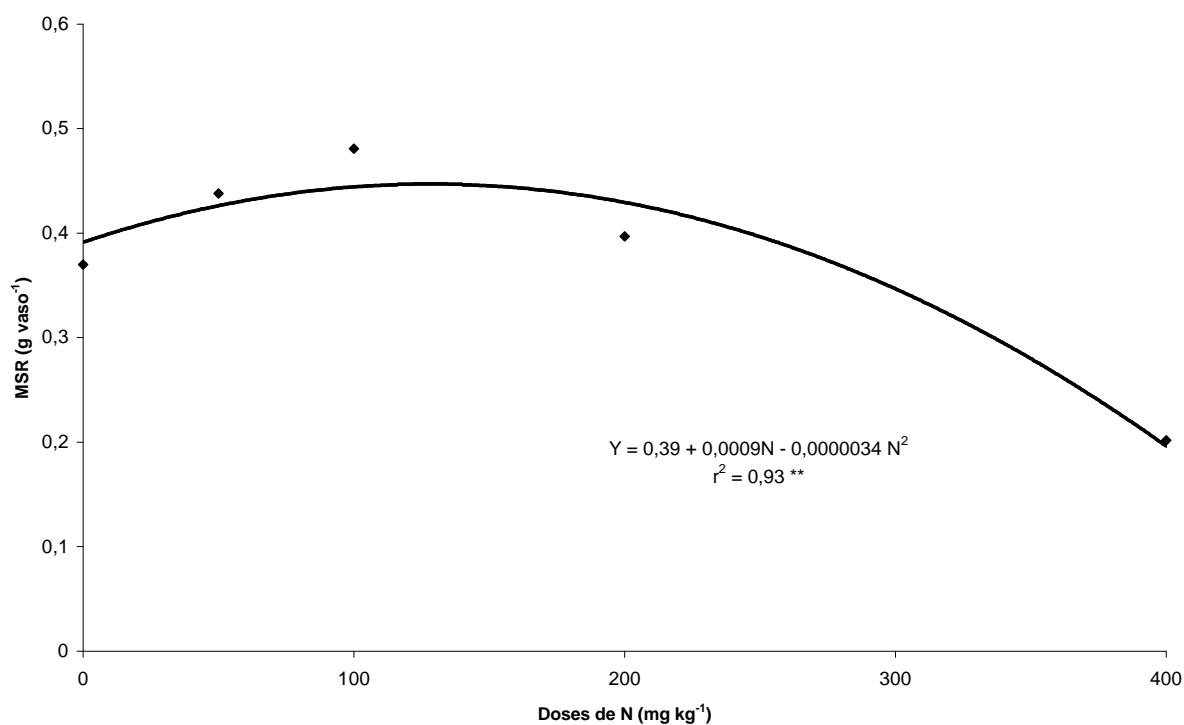


Figura 14 - Massa seca das raízes (MSR) em função das doses de N aplicados ao substrato. Experimento com broto de batata.

4.2.6 Produção de tubérculos

A produção de tubérculos (PT) por vaso aumentou de forma quadrática em função da dose de N aplicada ao substrato (Figura 15), sendo obtido o valor máximo estimado de 178 g vaso^{-1} , com a dose de $176,50 \text{ mg kg}^{-1}$ de N.

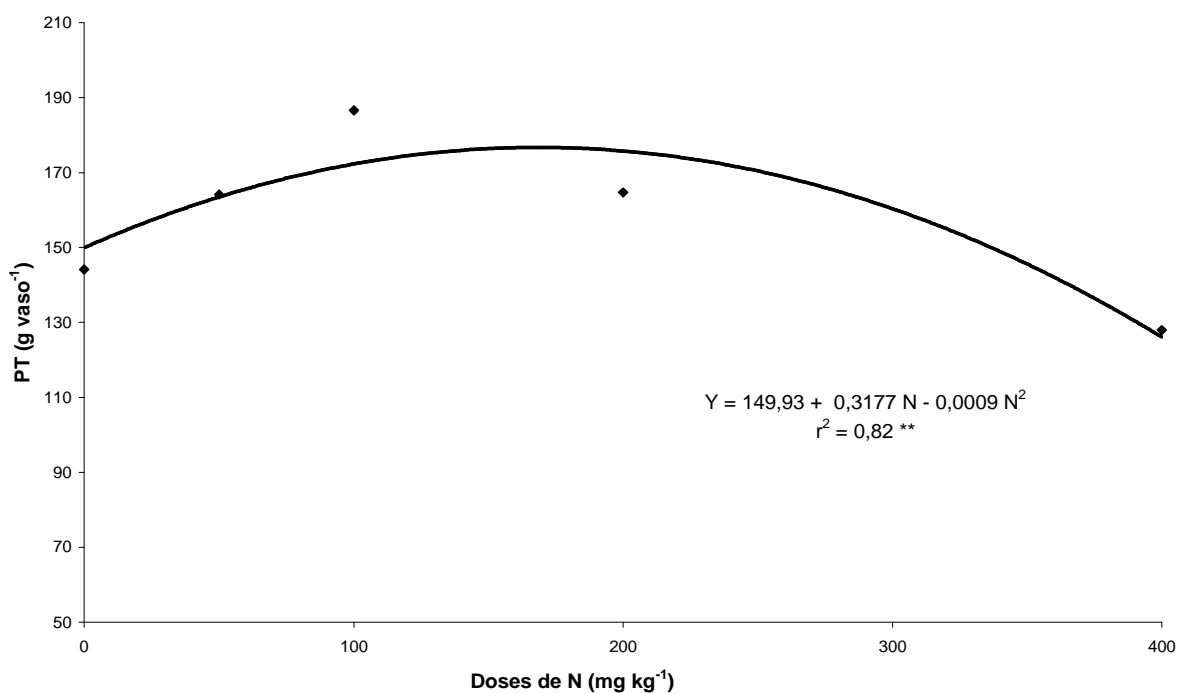


Figura 15 – Produção de tubérculos (PT) de batata em função de doses de nitrogênio no substrato em plantas multiplicadas por broto. Experimento com broto de batata.

4.2.7 Classificação

Não houve efeito de dose de N aplicada ao substrato para o número de tubérculos, sendo que o valor médio foi 5,87 tubérculos/vaso.

A maior freqüência de tubérculos ficou nos tipos II, III, IV e V (Tabela 15), ou seja, mais de 90 % do número total de tubérculos produzidos ficaram abaixo do tipo VI e a maior porcentagem, cerca de 37 %, foi do tipo III.

A massa média de cada tubérculo foi 85,8; 56,0; 28,8; 12,6; 4,0; 2,1; 0,9 e 0,6 g para os tipos de I a VIII, respectivamente.

Tabela 15 – Número e massa (g) de tipos de tubérculos de batata por vaso, em função de dose de nitrogênio no substrato.

Experimento com broto de batata.

Dose	TIPOS																	
	0		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa
0	0	0	0	0	1,17	67,50	2,50	65,83	0,83	9,68	0	0	0,33	0,77	0,17	0,18	0,33	0,17
50	0	0	0	0	2,50	136,67	1,17	23,92	0,50	5,33	0,50	2,28	0,17	0,42	0	0	0	0
100	0	0	0	0	1,33	64,17	2,50	85,00	2,17	33,50	0,67	2,73	0,50	1,02	0,17	0,12	0,17	0,12
200	0	0	0,33	28,33	0,83	47,50	2,50	71,67	1,17	15,00	0,50	2,22	0	0	0	0	0	0
400	0	0	0	0	0,50	38,33	2,17	66,00	2,17	20,34	0,67	2,08	0,33	0,60	0,33	0,32	0,17	0,12
Média	0	0	0,066	5,666	1,266	70,834	2,168	62,484	1,368	16,77	0,468	1,862	0,266	0,562	0,134	0,124	0,134	0,082
% do total	0	0	1,12	3,58	21,57	44,73	36,93	39,45	23,30	10,59	7,97	1,17	4,53	0,35	2,29	0,078	2,29	0,052

Tipos 0: > 60 mm; I : 50 – 60 mm; II : 40 – 50 mm; III: 30 – 40 mm; IV: 23 – 30 mm; V: 16 – 23 mm; VI: 13 – 16mm; VII: 10 – 13mm e VIII: < 10mm.

4.3 Mini-tubérculos – Experimento 3

4.3.1 Índice de clorofila

Não houve efeito de dose de nitrogênio sobre as seguintes variáveis: leitura obtida com o clorofilômetro SPAD 502 na folha fixa (LF) aos 44 (LFS2), 51 (LFS3) e 58 dias após o plantio (LFS4), sendo que o valor médio de cada variável está na Tabela 16.

Tabela 16 -Valores da leitura obtida com o clorofilômetro SPAD 502 na folha fixa (LF) aos 44 (LFS2), 51 (LFS3) e 58 (LFS4) dias após o plantio (DAP). Experimento com mini-tubérculos de batata.

Variáveis	Valor da leitura SPAD
LFS2	28,97
LFS3	28,32
LFS4	25,24

Houve efeito de dose de N sobre as seguintes variáveis: leitura obtida com clorofilômetro SPAD 502 na quarta folha a partir do ápice (LQ) em plantas de batata multiplicadas por mini-tubérculos aos 37 (LQS1), 44 (LQS2), 51 (LQS3), 58

(LQS4), 65 (LQS5), 72 (LQS6) e 79 (LQS7) e leitura na folha fixa (LF) aos 37 (LFS1), 65 (LFS5) e 72 (LFS6).

Os modelos que melhor descreveram o efeito de dose de N sobre as leituras SPAD na LQ está na Tabela 17. O índice SPAD aos 51 (LQS3), 58 (LQS4), 72 (LQS6) e 79 (LQS7) DAP aumentou de forma quadrática em função das doses de N aplicadas ao substrato, sendo que nas demais épocas o incremento foi linear (Tabela 17).

Tabela 17 - Equações ajustadas em função das doses de nitrogênio (N) aplicadas ao substrato sobre o índice SPAD na quarta folha a partir do ápice (LQ), aos 37 (LQS1), 44 (LQS2), 51 (LQS3), 58 (LQS4), 65 (LQS5), 72 (LQS6) e 79 (LQS7) dias após o plantio (DAP). Experimento com mini-tubérculos de batata.

Variáveis	Equações ajustadas	r ²
LQS1	SPAD = 41,42 + 0,019 N	0,89 **
LQS2	SPAD = 37,41 + 0,0176 N	0,78 *
LQS3	SPAD = 31,29 + 0,099 N – 0,00018 N ²	0,98 **
LQS4	SPAD = 27,01 + 0,075 N – 0,00011 N ²	0,99 **
LQS5	SPAD = 25,62 + 0,027 N	0,91 **
LQS6	SPAD = 17,05 + 0,087 N – 0,00011 N ²	0,96 *
LQS7	SPAD = 18,14 + 0,130 N – 0,0002 N ²	0,95 **

** equação significativa a 1 % de probabilidade pelo teste “F”.

* equação significativa a 5 % de probabilidade pelo teste “F”.

Na folha fixa (LF), o índice SPAD medido aos 37 (LFS1), 65 (LFS5) e 72 (LFS6) DAT aumentou de forma linear em função das doses de N aplicadas ao substrato (Tabela 18).

Tabela 18 - Equações ajustadas em função das doses de nitrogênio (N) aplicadas ao substrato sobre o índice SPAD na folha fixa, aos 37 (LFS1), 65 (LFS5) e 72 (LFS6) dias após o plantio. Experimento com mini-tubérculos de batata.

Variáveis	Equações ajustadas	r ²
LFS1	SPAD = 29,50 + 0,0074 N	0,94 *
LFS5	SPAD = 21,21 + 0,021 N	0,68 **
LFS6	SPAD = 13,61 + 0,035 N	0,88 **

** equação significativa a 1 % de probabilidade pelo teste “F”.

* equação significativa a 5 % de probabilidade pelo teste “F”.

Os valores do índice SPAD associado à máxima produção de mini-tubérculos (que foi de 225 mg kg⁻¹ de N; variável que será apresentada em 4.3.7), para LQ e LF estão na Tabela 19.

Tabela 19 – Valor estimado de SPAD medido na quarta folha a partir do ápice aos 37 (LQS1), 44 (LQS2), 51 (LQS3), 58 (LQS4), 65 (LQS5), 72 (LQS6), e 79 (LQS7) dias após o plantio e folha fixa aos 37 (LFS1), 65 (LFS5) e 72 (LFS6) dias após o plantio, associados á dose de nitrogênio (N) que propiciou a maior produção de mini-tubérculos. Experimento com mini-tubérculos de batata.

Variáveis	Valor SPAD
LQS1	45,69
LQS2	41,37
LQS3	44,45
LQS4	38,31
LQS5	31,70
LQS6	31,05
LQS7	37,26
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>	
LFS1	31,16
LFS5	25,94
LFS6	21,48

De modo similar aos experimentos 1 e 2, os valores dos índices SPAD na quarta folha completamente expandida (LQ) e na folha fixa (LF) variaram em função das doses de N aplicadas. Porém, na folha fixa os valores foram inferiores, quando comparados aos da quarta folha, o que pode ser explicado pela remobilização do nitrogênio na planta, das folhas mais velhas para as mais novas.

A evolução das leituras SPAD em LQ e LF ao longo do ciclo da cultura da batateira com o uso das doses 0 e 400 mg kg⁻¹ de N por vaso estão nas Figuras 16 e 17, respectivamente.

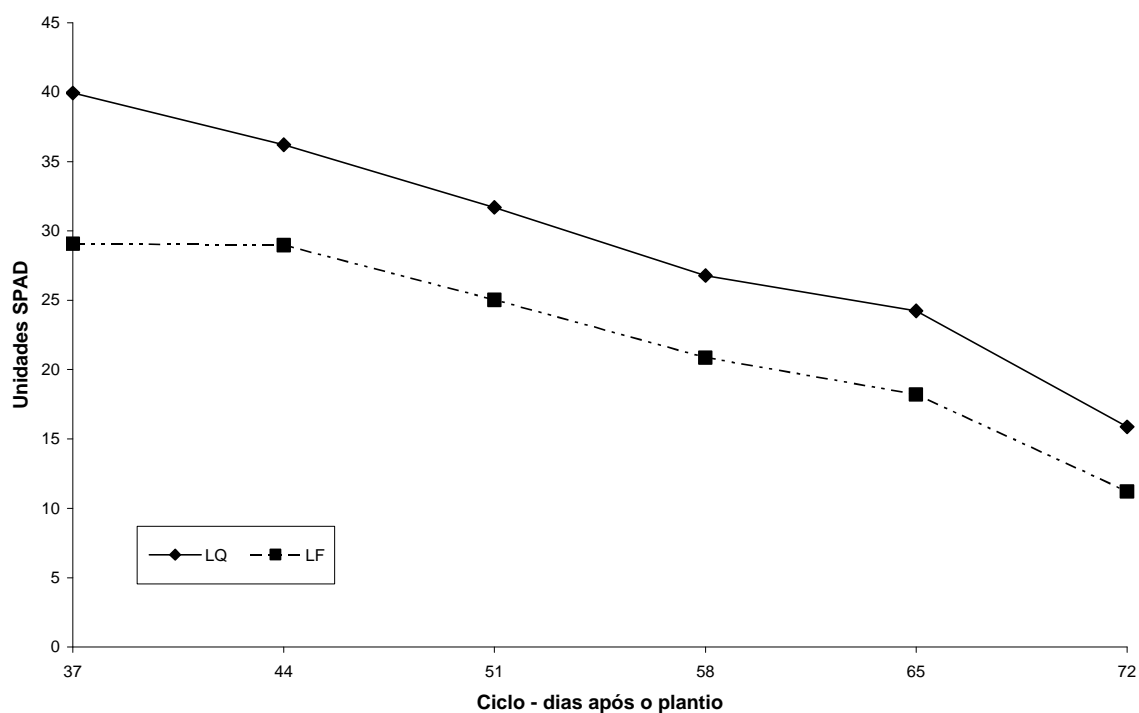


Figura 16 – Evolução das leituras SPAD efetuadas na quarta folha (LQ) e folha fixa (LF) ao longo do ciclo da batateira, no tratamento com 0 mg kg⁻¹ de N por vaso. Experimento com mini-tubérculos de batata.

Tanto para a dose 0 quanto 400 mg kg^{-1} de N por vaso houve redução da leitura do índice SPAD em LQ e LF ao longo do ciclo da cultura. No entanto, a redução no SPAD foi mais acentuada com a dose 0 (Figura 16), em razão de, nesse tratamento, a planta dispor somente do N existente no substrato. Com a evolução do ciclo da cultura, a diferença existente no índice SPAD da LQ e LF foi sendo reduzida, indicando a depleção do elemento, sendo que a diferença mínima foi de 4,66 e 6,76 unidades SPAD aos 72 e 65 DAT, para 0 e 400 mg kg^{-1} de N por vaso, respectivamente.

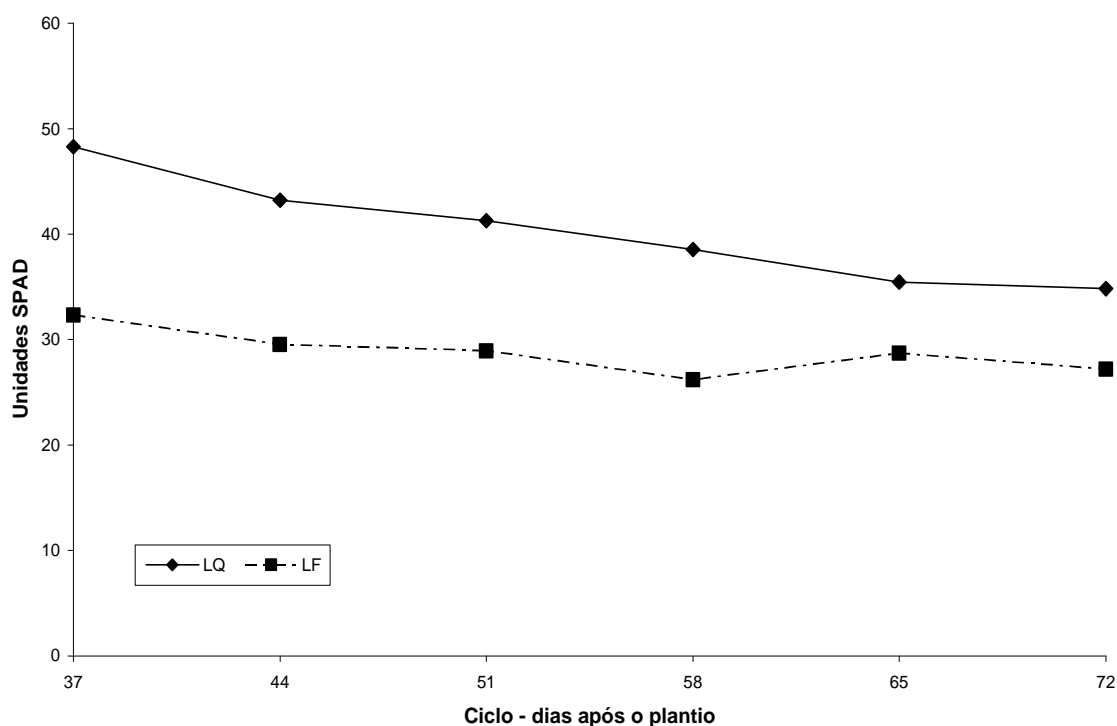


Figura 17 - Evolução das leituras SPAD efetuadas na quarta folha (LQ) e folha fixa (LF) ao longo do ciclo da batateira, no tratamento com 400 mg kg^{-1} de N por vaso. Experimento com mini-tubérculos de batata.

4.3.2 Altura das plantas

Não houve efeito de dose de nitrogênio, sobre a altura das plantas medida aos 51 (A1), 58 (A2) e 72 (A3) dias após o plantio (DAP), sendo que o valor médio foi 58,1; 60,3 e 61,6 cm, respectivamente.

4.3.3 Número de folhas

Não houve efeito de dose de nitrogênio no substrato, sobre o número de folhas (NF) avaliado em única data, aos 44 DAP, sendo o valor médio de 25,8 folhas/planta.

4.3.4 Teor de N-NO₃⁻ na massa seca da quarta folha (LQ)

Houve efeito de dose de N sobre o teor de N-NO₃⁻ na massa seca da quarta folha (LQ) da batateira em determinação única realizada aos 79 DAP. O incremento da dose de N propiciou aumento de forma quadrática no teor de N-NO₃⁻ da massa seca da quarta folha (LQ) da batateira (Figura 18), com valor máximo de 2,37 dag kg⁻¹ atingido com a dose de 350 mg kg⁻¹ de N. Para a dose de N que propiciou a maior produção de tubérculos (225 mg kg⁻¹ de N – item 4.3.7) , o valor do teor de N-NO₃⁻ foi 2,09 dag kg⁻¹.

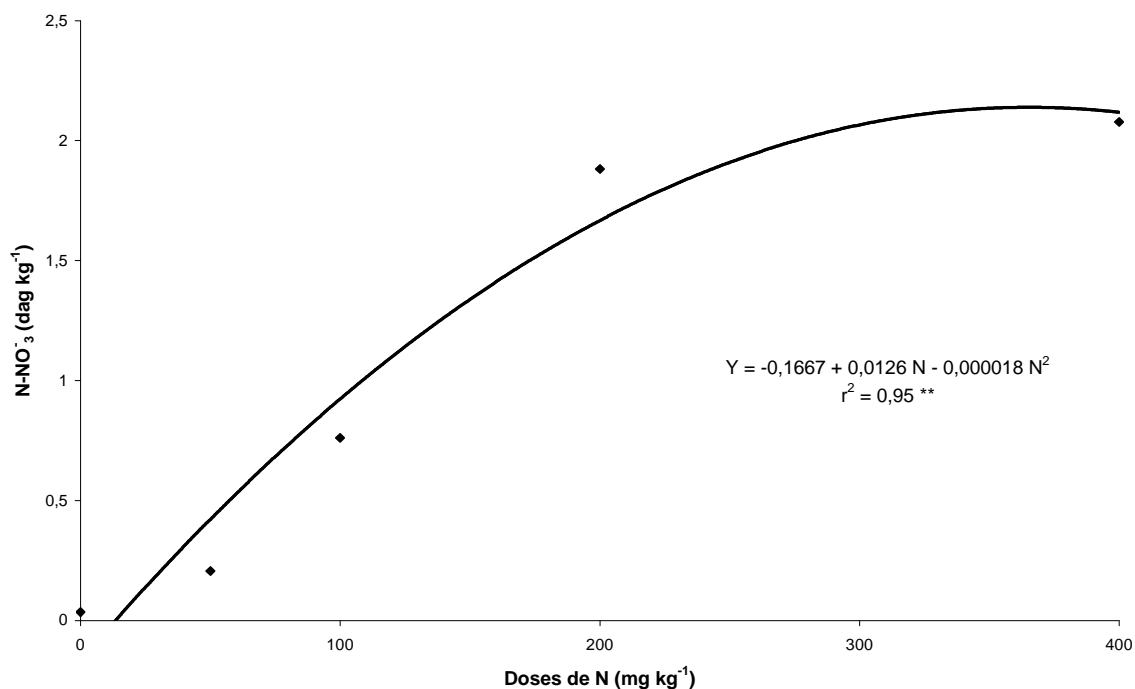


Figura 18 - Teor de N-NO_3^- (dag kg^{-1}) na massa seca da quarta folha da batateira em função de doses de nitrogênio aplicadas ao substrato. Experimento com mini-tubérculos de batata.

4.3.5 Massa seca da quarta folha (MSQF), de folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e tubérculos (MSTB)

Não houve efeito de dose de N sobre a massa seca da quarta folha (MSQF) e raízes (MSR), sendo o valor médio de 0,33 e 0,56 g vaso^{-1} , respectivamente.

Houve efeito de dose de N sobre a massa seca das folhas (MSF), dos caules (MSC) e dos tubérculos (MSTB). O modelo que melhor descreveu o efeito do tratamento sobre essas variáveis está na Tabela 20. O incremento da dose de

N propiciou aumento de forma quadrática sobre a MSF, MSC e MSTB, que atingiram valores 6,18; 1,96 e 37,15 g vaso⁻¹, com a dose de N de 225 mg kg⁻¹ (dose que propiciou a máxima produção de mini-tubérculos).

Tabela 20 - Equações ajustadas em função das doses de nitrogênio (N) aplicadas ao substrato sobre massa seca das folhas (MSF), caule (MSC) e tubérculos (MSTB). Experimento com mini-tubérculos de batata.

Variáveis	Equações ajustadas	r ²
MSF	$Y = 3,47 + 0,0208N - 0,000039 N^2$	0,99 **
MSC	$Y = 1,20 + 0,00607 N - 0,000012 N^2$	0,73 *
MSTB	$Y = 22,80 + 0,12 N - 0,00025 N^2$	0,80 **

** equação significativa a 1 % de probabilidade pelo teste “F”.

* equação significativa a 5 % de probabilidade pelo teste “F”.

4.3.6 Massa seca total

Houve efeito de dose de N sobre a massa seca total (MST) da planta; o modelo que melhor descreveu o efeito está na Figura 19. O aumento na dose de N propiciou aumento quadrático em MST, que atingiu o valor de 46,10 g vaso⁻¹ quando associada à dose de N que propiciou a maior produção de tubérculos (225 mg kg⁻¹).

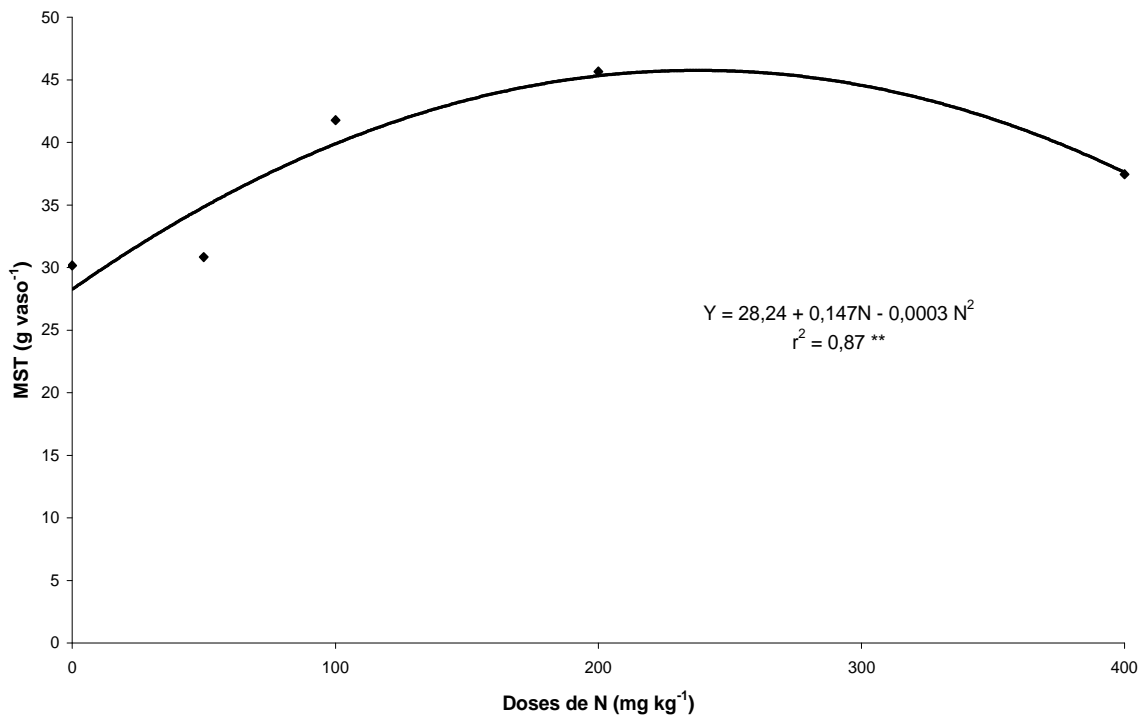


Figura 19 – Massa seca total (MST) por vaso de planta de batata em função das doses de N aplicadas ao substrato. Experimento com mini-tubérculos de batata.

4.3.7 Produção de tubérculos

A produção de tubérculos (PT) por vaso aumentou de forma quadrática em função da dose de N aplicada ao substrato (Figura 20), sendo obtido o valor máximo estimado de 194,4 g vaso⁻¹, com a dose de 225 mg kg⁻¹ de N.

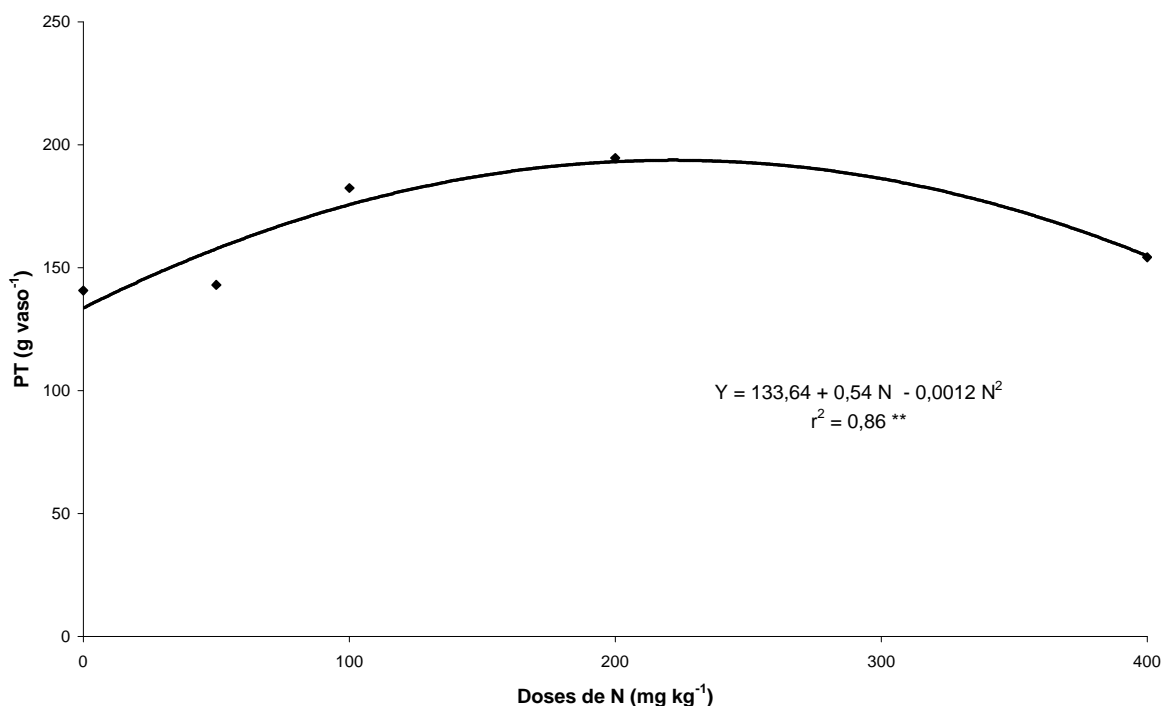


Figura 20 – Produção de tubérculos (PT) de batata em função de doses de nitrogênio no substrato em plantas multiplicadas por mini-tubérculos. Experimento com mini-tubérculos de batata.

4.3.8 Classificação

Não houve efeito de dose de N aplicada, para o número de tubérculos, sendo que o valor médio foi 8,72 tubérculos/vaso.

A maior freqüência de tubérculos ficou nos tipos III, IV e V (Tabela 21) e mais de 77 % do número total de tubérculos produzidos ficou abaixo do tipo VI, sendo a maior porcentagem, cerca de 29 %, no tipo III.

A massa média de cada tubérculo foi 101,5; 57,0; 30,1; 11,8; 4,7; 2,1; 1,4 e 0,6 g para os tipos de I a VIII, respectivamente.

Tabela 21 – Número e massa (g) de tipos de tubérculos de batata por vaso, em função de dose de nitrogênio no substrato. Experimento com mini-tubérculos de batata.

Dose	TIPOS																	
	0		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa	N°	Massa
0	0	0	0,17	12,83	0,67	35	2,17	59,17	1,17	9,42	0,5	1,63	0	0	0,33	0,42	0	0
50	0	0	0	0	0,83	54,17	1,5	41,17	1,33	14,72	1	3,5	0,5	0,63	0	0	0	0
100	0	0	0,17	21,67	0,17	8,33	2,33	75	2,5	35,22	2	9,08	0,83	1,53	0,67	0,63	0,83	0,53
200	0	0	0	0	1,17	68,33	2,17	67,5	2	19,68	1	4,82	0,67	1,23	0,33	0,3	0,67	0,29
400	0	0	0	0	0,33	15	2,5	78,67	1,67	23,18	0,83	5,87	1,33	3,57	1	1,71	1	0,6
Média	0	0	0,068	6,9	0,63	36,16	2,13	64,30	1,734	20,44	1,06	4,98	0,66	1,39	0,46	0,61	0,5	0,28
% do total	0	0	0,93	5,01	8,72	26,77	29,38	47,6	23,86	15,13	14,66	3,83	9,16	1	6,42	0,45	6,87	0,21

Tipos 0: > 60 mm; I : 50 – 60 mm; II : 40 – 50 mm; III: 30 – 40 mm; IV: 23 – 30 mm; V: 16 – 23 mm; VI: 13 – 16mm; VII: 10 – 13mm e VIII: < 10mm.

5. DISCUSSÃO

A batateira é uma cultura que responde à fertilização mineral com nitrogênio (FONTES, 1999; GIL, 2001). No entanto, os índices SPAD avaliados no Experimento 1 (cultura de tecido), em LQS1, LQS2, LFS1, LFS3 e LFS4, e no Experimento 3 (mini-tubérculos), em LFS2, LFS3 e LFS4 não sofreram influência das doses de N aplicadas ao substrato, de forma parcelada, por 30 dias, tendo suas médias variando 41,46 a 30,02 para o Experimento 1 (Tabela 3) e de 28,97 a 25,24 para o Experimento 3 (Tabela 16). Isto pode ter ocorrido devido a dose diária ser pequena em relação a dose total, não influenciando de maneira significativa o índice SPAD nas primeiras avaliações realizadas nos experimentos com plântula advinda de cultura de tecido (Experimento 1) e com mini-tubérculos (Experimento 3). Talvez, esses materiais propagativos tenham sido capazes de suprir N na fase inicial de crescimento da planta.

Para avaliação do SPAD nas demais datas, houve efeito significativo e positivo, quadrático ou linear de doses de N nos 3 experimentos tanto na quarta folha a partir do ápice (LQ) quanto na segunda folha a partir da base da planta (LF). Aumento em SPAD significa aumento na intensidade da cor verde da planta e, segundo FONTES (2001) o índice SPAD mede de forma indireta o teor de clorofila na planta, indicando em determinada fase do ciclo da planta o estado nutricional nitrogenado. A clorofila é o pigmento envolvido na fotossíntese,

correlações positivas entre a taxa fotossintética da planta e seus teores de nitrogênio têm sido observadas por diversos autores (KEULEN e STOL, 1991; MAKINO et al., 1994).

VOS e BOM (1993) também verificaram correlação positiva entre o teor da clorofila na planta e a adição do N na cultura da batata, indicando que o teor de clorofila na planta está relacionado com o estado nutricional nitrogenado (MINOTTI et al., 1994). PIEKIELEK e FOX (1992) e ARGENTA et al. (2001), em milho observaram que os valores SPAD estiveram correlacionados com a quantidade de N adicionada para a obtenção da máxima produção e com a produção de grãos. RODRIGUES et al. (2000) obtiveram aumento do índice SPAD medido na quarta folha completamente expandida da batata cultivar Monalisa ao 20 DAE com o incremento da dose de N.

O índice SPAD na LQ associado a dose de N que propiciou a máxima produção de tubérculos, avaliado aos 37 DAP, foi 41,46; 47,94 e 45,71 para as plantas de batata multiplicadas por plântulas micropropagada, brotos e mini-tubérculo, respectivamente. MALAVOLTA et al. (1997) citam a faixa de 49 a 56 como adequada para o índice SPAD na quarta ou quinta folha mais nova totalmente expandida a partir do ápice, amostrada um mês depois do plantio em condições de campo. RODRIGUES et al. (2000) determinaram, em solução nutritiva, o nível crítico do índice SPAD de 39,6 na quarta folha jovem completamente expandida da cultivar Monalisa, de 57 dias de idade. GIL (2001) obteve o valor de 45,30 unidades SPAD na quarta folha completamente expandida a partir do ápice aos 20 dias após a emergência (DAE), associado a maior produção de tubérculos.

Os valores dos índices SPAD na quarta folha completamente expandida (LQ) e na folha fixa (LF) variaram em função das doses de N aplicadas no

substrato. Porém, em LF os valores de SPAD foram inferiores quando comparados aos da LQ (Figuras 2, 3, 9, 10, 16 e 17). Isso pode ser explicado pela remobilização do nitrogênio na planta, da folha mais velha (LF) para as mais novas (LQ). Esse fato indica a necessidade de padronizar a folha a ser usada para efeito de diagnóstico, conforme mencionado por FONTES (2001).

Observa-se, nos três experimentos, que para a dose zero de N a diferença obtida entre as leituras do índice SPAD entre LQ e LF foi sendo reduzida de forma mais acentuada do que nas plantas que receberam a maior dose de N (400 mg kg⁻¹). Isso indica que as plantas crescidas com a dose zero dispunham de menos N acumulado na LF ao longo do tempo. A concentração de N na folha reduz-se em função da idade da planta amostrada (FONTES, 2001; GUIMARÃES, 1998) e a variação no teor de N pode ser explicada por mecanismos que envolvem a absorção, acumulação e distribuição do elemento na planta, bem como o desenvolvimento da planta.

Houve redução linear da altura da planta em doses crescentes de N aplicadas ao substrato, para as plantas do experimento 1 (cultura de tecido) (Tabela 7), as quais foram multiplicadas por plântulas advindas de cultura de tecido. No meio de cultivo há adição de diversos componentes entre os quais hormônios e N; esses componentes mais o N presente no substrato podem ter influenciado a resposta da planta à adição de N, assim, as doses aplicadas ao substrato acima do zero podem ter sido excessivas para o crescimento da planta, prejudicando o seu desenvolvimento. Existem diversos fatores que influenciam a morfogênese *in vitro* (ROCA et al., 1978; JARRET et al., 1980 e GEORGE, 1993) os quais possivelmente alteraram o comportamento da planta "*in vivo*".

Não houve efeito de doses de N, nos três experimentos, sobre o número de folhas (NF), avaliada em única data, aos 44 DAP, indicando que a

disponibilidade de N no substrato não alterou o ritmo plastocrômico das plantas. De forma contrária Gil (2001) em campo obteve, com o incremento da dose de N em pré-plantio, aumento de forma linear do NF. Segundo BIEMOND e VOS (1992) e VOS e PUTTEN (1998), o número total de folhas é influenciado pela disponibilidade de N. A taxa de surgimento de novas folhas aumenta acentuadamente com o aumento da formação dos ramos devido a altos níveis de nitrogênio (OLIVEIRA, 2000).

Houve efeito de dose de N sobre o teor de $N-NO_3^-$ da massa seca da quarta folha (LQ) da batateira em determinação única realizada aos 79 DAP, para os três experimentos, aumentando de forma quadrática, com o incremento das doses de N. Os valores médios de $N-NO_3^-$, com a dose de N que propiciou a máxima produção de tubérculos, nos três experimentos foram: 0,0143; 1,37 e 2,09 dag kg^{-1} , para os experimentos 1, 2 e 3, respectivamente. GIL (2001) mostrou que o teor de $N-NO_3^-$ na massa seca do pecíolo da quarta folha aumentou de maneira quadrática, com o incremento das doses de N em pré-plantio, encontrando valor de 1,52 dag kg^{-1} para a dose de N que propiciou a maior produção de tubérculos comerciais medida aos 20 DAE, resultado esse semelhante aos obtidos em outros trabalhos (PORTER e SISSON, 1991; PORTER e SISSON, 1993), nos quais também verificaram aumento do teor de $N-NO_3^-$ na massa seca do pecíolo da quarta folha com o aumento da dose de nitrogênio.

Há variações nas concentrações da maioria dos nutrientes em diferentes partes das folhas, principalmente lâmina foliar, margem da folha e pecíolo (FONTES, 2001), também podendo variar com a idade da planta. De maneira geral nas folhas, a concentração de nitrogênio apresenta decréscimo bastante acentuado com a idade da planta (HOLM e NYLUND, 1978). Isto pode explicar

as diferenças nos três experimentos, quanto ao teor de $N-NO_3^-$ na massa seca da folha e desses terem diferido do encontrado por outros pesquisadores.

Acréscimos nas concentrações de $N-NO_3^-$ têm sido detectados com o aumento da quantidade de nitrogênio aplicado.

Os aumentos tendem a atingir variações pronunciadas, as quais decrescem à medida que aumenta a quantidade do fertilizante aplicado (ASFARY et al., 1983; MACLEAN, 1981; ROBERTS et al., 1982 e WHITE e SANDERSON, 1983).

Para massa seca da quarta folha (MSQF), não houve efeito das doses de N, nos três experimentos, indicando que este índice não refletiu a adição diferenciada de N, não sendo útil como ferramenta de diagnóstico.

No experimento 1 (cultura de tecido) não houve efeito do N sobre a massa seca das folhas (MSF), tendo seu valor médio de $3,405 \text{ g vaso}^{-1}$ ou $1,702 \text{ g planta}^{-1}$; no experimento 2 (broto), houve aumento de forma quadrática em MSF, semelhantemente ao ocorrido no experimento 3 (mini-tubérculo), atingindo o valor de $5,03 \text{ g vaso}^{-1}$ ($2,51 \text{ g planta}^{-1}$) e $6,18 \text{ g.vaso}^{-1}$ ($6,18 \text{ g.planta}^{-1}$), respectivamente. GIL (2001) encontrou, em condições de campo, aumento linear na MSF com a aplicação de N em cobertura. Efeitos semelhantes do N foram observados sobre a massa seca do caule (MSC) (Tabela 8; Figura 13 e Tabela 20). BIEMOND e VOS (1992) também obtiveram aumento da massa seca do caule até 80 dias após a emergência com aumento da dose de nitrogênio.

Houve efeito do N sobre a massa seca dos tubérculos (MSTB) tanto nos experimentos 1 e 3, não sendo avaliado no segundo experimento devido à utilização dos tubérculos para a realização de um posterior experimento (não mostrado). No experimento 1, houve redução linear de MSTB (Figura 6), e no 3 houve aumento quadrático em MSTB (Tabela 20); esses resultados diferem dos

encontrados por Gil (2001), onde não se verificou efeito significativo de massa seca dos tubérculos com o aumento das doses de N.

À medida que as condições de crescimento da planta aproximam-se das ótimas, mais acentuado será o efeito do nitrogênio no desenvolvimento da cultura (ALONSO, 1996), influenciando de maneira marcante o desenvolvimento da planta, sendo que o desenvolvimento e o crescimento dos caules, folhas e área foliar vão condicionar a produção de tubérculos (OLIVEIRA, 2000).

No experimento 1 houve redução linear da produção de tubérculos em função das doses de N aplicadas ao substrato, obtendo-se a produção máxima 138,8 g vaso⁻¹ (69,4 g planta⁻¹) com a dose de 0 mg kg⁻¹ de N por vaso (Figura 8). Isto pode ser devido ao fato da plântula ter recebido, na micropropagação, quantidade considerável de N no meio de cultivo, pois o meio proposto por MURASHIGE e SKOOG (1962) contém 60 meq. de N. TEIXEIRA e PINTO (1991), estudando a mini-tuberização da batata em diferentes níveis de N e sacarose, encontraram que o uso de menor dose de N no meio de cultivo (5 meq de N), causou maior produção de mini-tubérculos do que a dose de 60 meq. Também, a disponibilidade de N no substrato, em torno de 3,0 g kg⁻¹ pode ter impedido haver resposta das plantas neste experimento à adição de N (MARROCOS et al., 2004).

De acordo com SANTELITH e EWING (1981), em condições de campo, doses consideradas elevadas de N atrasaram a tuberização. Segundo OPARKA (1987), níveis altos de N reduziram a translocação do carbono da folha para os tubérculos e aumentou o seu fluxo para as folhas novas da copa ao invés de dirigi-lo aos tubérculos. Assim, o N é um fator ambiental envolvido no controle da tuberização que, juntamente com o fotoperíodo, pode permitir a tuberização por meio dos fitohormônios endógenos (KRAUSS, 1985; JACKSON, 1999), pois

altos níveis de N podem inibir a atividade ou alterar os níveis de reguladores de crescimento (KRAUSS, 1985 e STALLKNECHT, 1985).

Dentre os hormônios que possuem papel fundamental no processo de tuberização temos: a citocinina, o ácido jasmônico, as giberelinas, entre outros.

Para os experimentos 2 e 3 houve aumento, de forma quadrática, na produção de tubérculos com aumento das doses de N no substrato, atingindo valores de 178 g vaso⁻¹ (89 g planta⁻¹), com a dose de 176,50 mg kg⁻¹ de N por vaso (Figura 15) e 194,4 g vaso⁻¹ (194,4 g planta⁻¹), na dose de 225 mg kg⁻¹ de N por vaso (Figura 20), para os experimentos 2 e 3, respectivamente. GRIGORIADOU E LEVENTAKIS (1999) em trabalho que avaliou a produção comercial de mini-tubérculos pelo uso da técnica de micropropagação, encontraram valores de 2,07; 1,85 e 2,52 mini-tubérculos/planta para as cultivares de batata Spunta, Jaerla e Kennebec; nesse trabalho a porcentagem de mini-tubérculos comerciais (> 10 mm) ficou acima de 98 % e a produção de mini-tubérculos/planta variou de 15 a 25 g/planta.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se de avaliar o efeito de doses de nitrogênio aplicadas em substrato comercial BioPlant®, parceladamente, sobre a produção de mini-tubérculos-semente de batata (*Solanum tuberosum* L.), cultivar Monalisa, oriundos de plantas obtidas do cultivo *in vitro*, de brotos de tubérculos e de mini-tubérculos. Foram realizados três experimentos, simultaneamente, na casa de vegetação da Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de 24 de Março de 2004 até 30 de Junho de 2004, quando procedeu-se a colheita e a classificação dos mini-tubérculos.

No experimento 1 foram utilizadas plântulas micropropagadas e aclimatadas advindas de cultivo *in vitro*; no experimento 2 foram utilizados brotos oriundos de tubérculo-semente e no experimento 3 foram utilizados mini-tubérculos oriundos de planta propagada por cultura de tecido e cultivada em substrato. Nos três experimentos foram utilizados vasos de plástico de 3 L, previamente limpos, desinfetados e preenchidos com o substrato comercial BioPlant® levemente umedecido e previamente adubado com macro e micronutrientes.

Nos experimentos 1 e 2 (cultura de tecido e broto) foram utilizados duas plantas por vaso e no experimento 3 foi plantado um mini-tubérculo por vaso. Em

cada experimento foram avaliadas cinco doses de nitrogênio: 0; 50; 100; 200 e 400 mg kg⁻¹ de N, na forma de NH₄NO₃. Cada dose foi diluída em água sendo aplicados 200 mL da solução em cada vaso, diariamente, durante 30 dias, a partir de 23 dias após o plantio (DAP).

Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso, sendo que os experimentos 1 e 2 continham seis repetições e o experimento 3, cinco. Em todos os tratamentos a irrigação foi efetuada diariamente conforme a necessidade. Foi realizada amostragem aos 34 dias após o plantio (DAP) aplicando-se mais substrato no vaso. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão.

As características avaliadas, nos três experimentos foram: Índice SPAD determinados aos 37 (S1), 44 (S2), 51 (S3), 58 (S4), 65 (S5), 72 (S6) e 79 (S7) dias após o plantio (DAP), em quarta folha (LQ) e folha fixa (LF) (exceto S7); altura das plantas medida aos 51 (A1), 58 (A2) e 72 (A3) DAP; número de folhas (NF) avaliado aos 44 DAP; teor de N-NO₃⁻ da massa seca da quarta folha (LQ) da batateira em determinação única realizada aos 79 DAP; massa seca da quarta folha (MSQF), de folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR), tubérculos (MSTB) (exceto experimento 2) e total (MST) (exceto experimento 2) determinados aos 79 DAP; produção de tubérculos (PT) e classificação.

No experimento 1 verificou-se que, das características avaliadas, não houve efeito de dose de N sobre índice de clorofila em LQS1, LQS2, LFS1, LFS3 e LFS4, número de folhas (NF), massa seca da quarta folha (MSQF), de folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e número de tubérculos (NT). Para o experimento 2 não houve efeito de dose de N sobre número de folhas (NF), massa seca da quarta folha (MSQF) e número de tubérculos (NT). Com o experimento 3 não houve efeito de dose de N sobre índice de clorofila em LFS2,

LFS3 e LFS4, altura das plantas, número de folhas (NF), massa seca da quarta folha (MSQF), massa seca das raízes (MSR) e número de tubérculos.

As demais características avaliadas foram influenciadas pelas doses de N. No experimento 1 os índices SPAD aumentaram de forma linear e quadrática, sendo que o nível crítico (NC) SPAD decresceu com a idade da planta e foi menor em LF do que em LQ. A altura das plantas reduziu linearmente em função do aumento da dose de N. O teor de N - NO_3^- em LQ associados à máxima produção de mini-tubérculos foi $0,015 \text{ dag kg}^{-1}$; a massa seca dos tubérculos (MSTB) e massa seca total (MST) obtiveram valores de 25,74 e 31,93 g vaso^{-1} , respectivamente, associados à máxima produção de mini-tubérculos que foi de 138,8 g vaso^{-1} , com a dose de 0 mg kg^{-1} , assim, não há a necessidade de se adubar com nitrogênio o substrato comercial BioPlant® para a obtenção da máxima produtividade, quando se utiliza plantas advindas de cultura de tecido.

Para o experimento 2 os índices SPAD aumentaram de forma linear e quadrática com aumento da dose de nitrogênio sendo que o NC SPAD teve comportamento semelhante ao experimento 1. A altura das plantas aumentou de forma quadrática com o aumento da dose de N. O teor de N - NO_3^- em LQ associados à máxima produção de mini-tubérculos foi $1,36 \text{ dag kg}^{-1}$. MSF, MSC e MSR foi de 5,03; 1,40 e 0,44 g vaso^{-1} , respectivamente, valores associados à máxima produção de mini-tubérculos de 177,97 g vaso^{-1} , com a dose de 176,50 mg kg^{-1} de N.

No experimento 3 seguiu-se aumentos linear e quadrático para o aumento da dose de N sendo o NC SPAD semelhante aos anteriores. O teor de N - NO_3^- em LQ associados à máxima produção de mini-tubérculos foi $2,09 \text{ dag kg}^{-1}$. MSF, MSC, MSTB e MST foi de 6,18; 1,96; 31,15 e 46,10 g vaso^{-1} , respectivamente,

valores associados à máxima produção de mini-tubérculos de 194,4 g vaso⁻¹, com a dose de 225 mg kg⁻¹ de N.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AGRIANUAL 2005. Anuário da Agricultura Brasileira. Batata. São Paulo: **FNP Consultoria e Comércio**. p. 230-236. 2005.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 715-722, 2001.
- ALONSO, F. **El cultivo da patata**. Barcelona: Ediciones Mundi Prensa, 272 p., 1996.
- ASFARY, A.F.; WID, A.; HARRIS, P.M. Growth, mineral nutrition and water use by potato crops. **Journal of Agricultural Science**, v. 100, p. 87-101, 1983.
- ASSIS, M. Novas tecnologias na propagação de batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.197, p. 30-33, 1999.
- BIEMOND, H.; VOS, J. Effects of nitrogen on the development and growth of the potato plant. 2. The partitioning of dry matter, nitrogen and nitrate. **Annals of Botany**, v. 70, p. 37-45, 1992.
- BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 25, n. 9/10, p. 1791-1800. 1994.

- BRYAN, J. E.; MELÉNDEZ G., N.; JACKSON, M. T. Esquejes de brote, una técnica de multiplicación rápida de papa. Serie I: Técnicas de multiplicación rápida Guia I/1. **Centro Internacional de La Papa (CIP)**, 10 p. 1981.
- CATALDO, D.A.; HARRON, M.; SCHRADER, L.EL; 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, p. 71-80. 1975.
- DANIELS, J., SILVA, A.C.F.; SOUZA, Z.S. Degenerescência da batata-semente nas principais regiões produtoras dos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. In: **REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE PESQUISA E EXTENSÃO DA CULTURA DA BATATA DA REGIÃO SUL DO BRASIL**, 7, 2000, Curitiba. Resumos Curitiba : IAPAR, p. 39. 2000.
- DANIELS, J., SILVA, A.C.F.; SOUZA, Z.S.; SCHONS, J. Degenerescência de batata-semente básica após um ou dois períodos de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n 3, p. 510-513. 2002.
- DONNELLY, D. J.; COLEMAN, W. K.; COLEMAN, S. E. Potato microtuber production and performance: a review. **American Journal Potato Research**, v. 80, p. 103-115. 2003.
- 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, p. 10-15. 1998.
- FONTES, P. C. R. Nutrição Mineral e adubação. In REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Ed.) **Produção de batata**. Brasília: Linha Gráfica, 487 p., 1987.
- FONTES, P. C. R. Calagem e Adubação da Cultura da Batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 42-52. 1999.
- FONTES, P. C. R. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. **Viçosa: UFV**, 121 p. 2001.

- FOX, R. H.; PIEKIELEK, W. P.; MACNEAL, K. M. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 25, n. 3/4, p. 171-181, 1994.
- GEORGE, E. F. Plant propagation by tissue culture: the technology. 2nd edition. London: **Exegetics**, 574p., 1993.
- GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para diagnóstico do estado nutricional de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.
- GIL, P. T.; **Índices e eficiência de utilização de nitrogênio pela batata influenciados por doses de nitrogênio em pré-plantio e em cobertura**. Viçosa: UFV, 81p. 2001. (tese de MS).
- GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. e BULL, L. T. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1049-1056, 2003.
- GRIGORIADOU, K.; LEVENTAKIS, N. Large scale commercial production of potato minitubers, using in vitro techniques. **Potato Research**, v. 42, p. 607-610, 1999.
- GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P. C. R.; ALVAREZ, V. V. H.; MONNERAT, P. H. Utilização dos teores de clorofila determinados pelo método-padrão e pelo medidor portátil SPAD – 502, para a avaliação do estado nitrogenado do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, 88 p., 1996.
- GUIMARÃES, T. G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e de estufa, influenciados por doses de nitrogênio**. Viçosa, MG: UFV, (tese de Doutorado), 201 p., 1998.

- GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V. H. V.; MONNERAT, P. H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 209-216. 1999.
- HOLM, D.G; NYLUND, R.E. Use of mineral element content of potato petioles for predicting yield potential. **American Potato Journal**, v. 55, n.6: p. 291-305. 1978.
- HOQUE, M. I.; MILA, N. B.; KHAN, M. D. S.; SARKER, R. H. Shoot regeneration and in vitro microtuber formation in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Bangladesh Journal of Botany**, v. 25, p. 87-93, 1996.
- IMA - Instituto Mineiro de Agropecuária Portaria nº 567, de 30 de Janeiro de 2003. Normas, Padrões e Procedimentos para a Certificação de Material Propagativo de Batata (*Solanum tuberosum* L.) no Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 16 p. 2003.
- JACKSON, S. D. Multiple Signaling Pathways Control Tuber Induction in Potato. **Plant Physiology**, v. 119, p. 1-8, 1999.
- JARRET, R. L.; HASEGIWA, P. M.; ERICKSON, H. T. Effects of medium components on shoot formation from cultured tuber disease of potato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 105, p. 238-242, 1980.
- KEULEN, H. V.; STOL, W. Quantitative aspects of nitrogen nutrition in crops. **Fertilizer Research**, v. 27, p. 151-160, 1991.
- KHURI, S.; MOORBY, S. Nodal segments or microtubers as explant for in vitro microtuber production of potato. **Plant Cell Tissue Organ Culture**, v. 45, p. 215-222. 1996.
- KRAUSS, A. Interaction of nutrients and tuberization. In: LI, P. H. **Potato Physiology**. London, Academic Press, p. 209-230, 1985.

- LOPES, C.; BUSO, J. A. A Cultura da Batata. **Embrapa Hortaliças**. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Brasília, 184p. 1999.
- LOURES, J. L. **Estabelecimento e Avaliação do Sistema de Produção de Tomate Denominado FITO, em Estufa**. Viçosa: UFV, 2001. 96p. (Tese de Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- MACLEAN, A. A. Time of application of fertilizer nitrogen for potatoes in Atlantic Canadá. **American Potato Journal**, v. 61, n. 1, p. 23-29, 1981.
- MAKINO, A.; NAKANO, H.; MAE, T. Responses of ribulose-1.5- biphosphate carboxylase, cytochrome f, and sucrose synthesis enzymes in rice leaves to leaf nitrogen and their relationships to photosynthesis. **Plant Physiology**, v. 105, p. 173-179, 1994.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª edição. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 319 p., 1997.
- MALDONADO, L. A.; JE WRITH, J. E.; SCOTT, G. J. Constraints to potato production and use of potato in Asia. **American Journal of Potato Research**, v. 75, p. 71-73, 1998.
- MARROCOS, P. C. L., SODRÉ, G. A. Sistemas de produção de mudas de cacaueiros. **IV ENSUB – IV Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**, Viçosa – MG. p. 283-311, 2004.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants, 2 nd ed., New York, **Academic Press**, 1995. 889p.
- MEYER, R. D.; MARCUM, D. V. Potato yield, petiole nitrogen, and soil nitrogen response to water and nitrogen. **Agronomy Journal**, v. 90, p. 420-429. 1998.

- MINOLTA CAMERA CO. Manual for Chlorophyll Meter SPAD – 502. Tokyo: **Minolta Camera Co. Ltd.**, 22 p., 1989.
- 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.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15. p. 473-479, 1962.
- NAGANO, Y. Batata brasileira tem qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.197, p. 1-2, 1999.
- NOVO, A. A. C. **Avaliação do sistema FITO 2 na produção de tomate longa vida em estufa**. Viçosa – UFV, 76 p, (Tese de Mestrado), 2002.
- OLIVEIRA, C. A. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 939-950. 2000.
- OPARKA, K.J.; DAVIES, H.V.; PRIOR, D.A.M. The influence of applied N on export and partitioning of current assimilate by field-grown potato plants. **Annals of Botany**, v 59, p 484-488. 1987.
- PENG, S.; GARCIA, F. V.; LAZA, R. C. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter`s estimate of rice leaf nitrogen concentration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 5, p. 987-990, 1993.
- PEREIRA, A. da S.; DANIELS, J. O cultivo da batata na região sul do Brasil. **Embrapa**, Brasília, 567 p., 2003.
- PEREIRA, J.E.S.; MEDEIROS, C.A.B.; FORTES, G.R.L.; DANIELS, J.; PEREIRA, A.S. Avaliação de dois sistemas hidropônicos para a produção de sementes pré-básicas de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, Suplemento CD-Rom, 2001.

- PIEKIELEK, W.P., FOX, R.H. Use of s chlorophyll meter to predict sidress N requeriments for maize. **Agronomy Journal**, v. 84, p. 59-65. 1992.
- PORTER, G. A.; SISSON, J. A. Petiole nitrate content of Maine – grown Russet Burbank and Shepody potatoes in response to varying nitrogen rate. **American Potato Journal**, v. 68, p. 493-505. 1991.
- PORTER, G. A.; SISSON, J. A. Yield, marked quality and petiole nitrate concentration of non-irrigated Russed Burbank and Shepody potatoes in response to sededressed nitrogen. **American Potato Journal**, v. 70, p. 101-116. 1993.
- ROBERTS, S.; WEAVER, W.H.; PHELPS, J.P. Effect of rate and time of fertilization on nitrogen and yield of Russet Burbank potatoes under center pivot irrigation. **American Potato Journal**, v. 59, n.2: p. 77-86. 1982.
- ROCA, W. M.; ESPINOZA, N. P.; ROCA, M. R.; BRYAN, J. E. A tissue cultured method for the rapid propagation of potatoes. **American Potato Journal**, v. 55, p. 691-701, 1978.
- RODRIGUES, F. A.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; MARTINEZ, H. E. P. Nível critico do índice spad na folha da batateira, em solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 766-767. 2000.
- SANTELITH, G.; EWING, E. E. Effects of nitrogen fertilization on growth and development of potatoes. **American Potato Journal**, v. 58, n. 10, p. 517-518, 1981.
- SCHADCHINA, T. M.; DMITRIEVA, V. V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, v. 18, p. 1427-1437, 1995.

- SMEAL, D.; ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 25, n. 9/10, p. 1495-1503, 1994.
- STALLKNECHT, G. F. Tuber initiation in *Solanum tuberosum*: effect of phytohormones and induced changes in nucleic acid and protein metabolism. In: LI, P. H. **Potato Physiology**. London, Academic Press, p. 231-260, 1985.
- TADESSE, M.; LOMMEN, W. J. M.; STRUIK, P. C. Effects of nitrogen pre-treatment of transplants from *in vitro* produced potato plantlets on transplant growth and yield in the field. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 49, p. 67-79, 2001.
- TEIXEIRA, D. M. C.; PINTO, J. E. B. P. Minituberização da batata em diferentes níveis de N, sacarose e BAP. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 3, n. 2 : p. 77-81, 1991.
- VANDERHOFSTADT, B. Pilot units of potato seed production in Mali, using *in vitro* material: micro/minitubers. **Potato Research**, v. 42, p. 593-600, 1999.
- VAN HEEMST, H. D. J., The distribution of dry matter during growth of potato crop. **Potato Research**, v. 29, p. 55-66. 1986.
- VAN UYEN, N.; VANDER ZAAG, P. Potato production using tissue culture in Vietnam: the status after four years. **American Potato Journal**, v. 62, p. 237-241. 1985.
- VOS, J.; BOM, M. Hand-held chlorophyll meter: a promising tool to assess the nitrogen status of potato foliage. **Potato Research**, v.36, p. 301-308. 1993.
- VOS, J.; VAN DER PUTTEN. Effect of nitrogen supply on leaf growth, leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in potato. **Field Crops Research**, v. 59, p. 63-72. 1998.

WANG, P.; HU, C. In vitro mass tuberization and virus-free seed potato in Taiwan.
American Potato Journal, v. 59, p. 33-37. 1982.

WHITE, R. P.; SANDERSON, J. B. Effect of planting date, nitrogen rate, and plant spacing on potatoes grown for processing in Prince Edward Island.
American Potato Journal, v. 60, n. 2, p. 115-126, 1983.

APÊNDICE

EXPERIMENTO 1.

Tabela 1 A – Valor médio observado dos índices SPAD determinados em: LQS1, LQS2, LQS3, LQS4, LQS5, LQS6, LQS7, LFS1, LFS2, LFS3, LFS4, LFS5 e LFS6 , em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 1.

Doses de N	LQ							LF					
	LQS1	LQS2	LQS3	LQS4	LQS5	LQS6	LQS7	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	LFS5	LFS6
0	41,15	39,57	33,83	30,33	29,25	18,80	22,44	31,53	30,35	29,53	29,17	25,43	15,77
50	39,68	39,57	38,83	32,83	30,55	23,40	28,25	32,30	30,98	30,25	29,27	27,15	18,98
100	41,62	38,70	40,63	35,02	34,02	29,17	28,12	31,53	31,85	30,12	30,78	28,45	22,85
200	42,10	38,80	44,03	37,00	34,67	28,90	27,94	31,97	33,83	32,60	30,93	28,42	22,77
400	42,77	40,48	37,63	37,05	36,30	30,07	29,53	33,87	30,55	31,48	29,93	29,40	21,67

Tabela 2 A – Valor médio observado da altura (A1, A2 e A3); número de folhas (NF); teor de N-NO₃⁻ na massa seca da quarta folha (LQ); massas secas da quarta folha (MSQF), folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR), tubérculos (MSTB) e total (MST); produção de tubérculos (PT) e número de tubérculos por vaso (NT), em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 1.

Doses de N	A1	A2	A3	NF	LQ	MSQF	MSF	MSC	MSR	MSTB	MST	PT	NT
	cm			dag kg ⁻¹	g vaso ⁻¹								
0	41,25	42,75	43,21	45,42	0,09	0,26	3,65	0,95	0,18	26,63	31,67	142,47	11,83
50	39,83	41,67	42,42	43,17	0,22	0,25	3,63	0,97	0,23	29,42	34,50	143,38	10,33
100	38,00	39,67	41,17	40,67	0,89	0,25	3,70	0,90	0,18	23,14	28,17	122,35	8,17
200	37,92	40,67	41,38	35,08	1,22	0,22	3,45	0,84	0,19	20,99	25,69	106,00	9,67
400	34,58	35,42	36,08	48,42	1,46	0,20	3,16	0,87	0,33	21,55	26,11	107,50	12,00

Tabela 3 A – Resumo da análise de variância dos índices SPAD determinados em: LQS1, LQS2, LQS3, LQS4, LQS5, LQS6, LQS7, LFS1, LFS2, LFS3, LFS4, LFS5 e LFS6, em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 1.

FV	GL	QM												
		LQS1	LQS2	LQS3	LQS4	LQS5	LQS6	LQS7	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	LFS5	LFS6
Bloco	5	1,34	5,16	6,34	12,65	1,58	34,47	7,54	6,74	5,63	0,80	1,98	7,96	59,24
Doses	4	8,09	3,11	84,88	49,71	52,13	140,33	45,79	5,58	12,09	9,12	4,08	14,07	55,02
Linear	1	19,83 ^{ns}	3,29 ^{ns}	23,06 ^{ns}	140,14 ^{**}	166,33 ^{**}	329,47 ^{**}	83,72 ^{**}	16,74 ^{ns}	0,44 ^{ns}	17,49 ^{ns}	2,14 ^{ns}	40,18 ^{**}	79,23 [*]
Quadr.	1	0,18 ^{ns}	8,08 ^{ns}	311,62 ^{**}	57,75 [*]	29,65 ^{ns}	170,11 ^{**}	34,82 [*]	2,85 ^{ns}	42,72 [*]	11,40 ^{ns}	11,39 ^{ns}	9,92 ^{ns}	117,66 ^{**}
Cúbico	1	3,40 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,77 ^{ns}	2,48 ^{ns}	43,18 ^{ns}	52,91 [*]	0,61 ^{ns}	5,16 ^{ns}	5,35 ^{ns}	0,18 ^{ns}	5,84 ^{ns}	15,76 ^{ns}
Desvio	1													
v Linear	1	15,35 ^{ns}	1,01 ^{ns}	93,73 ^{**}	181,00 ^{**}	190,62 ^{**}	465,22 ^{**}	133,27 ^{**}	12,91 ^{ns}	4,61 ^{ns}	21,72 ^{ns}	4,96 ^{ns}	51,90 ^{**}	141,61 ^{**}
v Quadr.	1	5,38 ^{ns}	7,28 ^{ns}	187,93 ^{**}	8,18 ^{ns}	0,34 ^{ns}	51,57 ^{ns}	31,53 ^{ns}	4,63 ^{ns}	18,45 ^{ns}	0,54 ^{ns}	4,11 ^{ns}	2,35 ^{ns}	55,52 [*]
v Cúbico	1	7,58 ^{ns}	3,56 ^{ns}	52,72 [*]	9,38 ^{ns}	6,05 ^{ns}	6,07 ^{ns}	18,16 ^{ns}	3,81 ^{ns}	23,85 ^{ns}	8,58 ^{ns}	5,32 ^{ns}	0,05 ^{ns}	8,67 ^{ns}
Desvio	1													
Resíduo	20	6,16	8,35	11,20	10,87	7,05	16,06	7,53	5,64	9,14	16,12	13,75	4,84	12,17
CV %		5,99	7,33	8,58	9,55	8,06	15,37	10,07	7,37	9,60	13,03	12,35	7,92	17,09

F 5% (1, 20) = 4,35 (*)

F 1% (1, 20) = 8,10 (**)

Tabela 4 A – Resumo da análise de variância da altura (A1, A2 e A3); número de folhas (NF); teor de N-NO₃⁻ na massa seca da quarta folha (LQ), massa seca da quarta folha (MSQF), em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 1.

FV	GL	Experimento 1					
		A1	A2	A3	NF	LQ	MSQF
Bloco	5	16,61	21,19	16	99,89	0,52	0,011
Doses	4	37,65	47,84	46,67	153,47	2,18	0,0037
Linear	1	140,30 *	168,33 *	171,70 *	29,05 ^{ns}	7,19 **	0,01400 ^{ns}
Quadr.	1	1,55 ^{ns}	2,30 ^{ns}	6,44 ^{ns}	536,83 ^{ns}	1,17 *	0,00007 ^{ns}
Cúbico	1	6,75 ^{ns}	15,68 ^{ns}	6,98 ^{ns}	47,49 ^{ns}	0,0079 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
Desvio	1						
v Linear	1	140,91 *	151,68 *	144,42 *	0,20 ^{ns}	7,84 **	0,014 ^{ns}
v Quadr.	1	3,46 ^{ns}	16,65 ^{ns}	28,86 ^{ns}	332,01 ^{ns}	0,0075 ^{ns}	0,0009 ^{ns}
v Cúbico	1	0,97 ^{ns}	9,59 ^{ns}	8,32 ^{ns}	265,85 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,0000015 ^{ns}
Desvio	1						
Resíduo	20	24	24,43	24,75	185,19	0,19	0,0036
CV %		12,78	12,34	12,18	31,98	55,48	25,67

F 5% (1, 20) = 4,35 (*)

F 1% (1, 20) = 8,10 (**)

Tabela 5 A – Resumo da análise de variância da massa seca das folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR), tubérculos (MSTB), total (MST), produção de tubérculos (PT) e número de tubérculos (NT), em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 1.

FV	GL	Experimento 1						
		MSF	MSC	MSR	MSTB	MST	PT	NT
Bloco	5	0,42	0,078	0,041	12,23	13,83	78,25	9,2
Doses	4	0,29	0,017	0,025	77,26	85,62	1972,69	15,22
Linear	1	1,05 ^{ns}	0,0370 ^{ns}	0,0640 ^{ns}	164,74 ^{**}	193,71 ^{**}	5588,31 ^{**}	4,270 ^{ns}
Quadr.	1	0,05 ^{ns}	0,0190 ^{ns}	0,0200 ^{ns}	50,00 ^{ns}	51,04 ^{ns}	1606,48 [*]	42,25 ^{ns}
Cúbico	1	0,04 ^{ns}	0,0086 ^{ns}	0,0070 ^{ns}	25,68 ^{ns}	29,67 ^{ns}	312,07 ^{ns}	9,62 ^{ns}
Desvio	1							
v Linear	1	0,80 ^{ns}	0,0420 ^{ns}	0,0470 ^{ns}	168,67 ^{**}	195,5 ^{**}	6168,05 ^{**}	0,037 ^{ns}
v Quadr.	1	0,32 ^{ns}	0,0000048 ^{ns}	0,0230 ^{ns}	2,72 ^{ns}	4,36 ^{ns}	1,01 ^{ns}	49,63 ^{ns}
v Cúbico	1	0,00 ^{ns}	0,0270 ^{ns}	0,0270 ^{ns}	108,17 ^{**}	115,07 [*]	1621,90 [*]	1,90 ^{ns}
Desvio	1							
Resíduo	20	0,29	0,036	0,032	11,75	14,89	369,66	16,02
CV %		15,38	20,82	81,02	14,06	13,2	15,46	38,48

F 5% (1, 20) = 4,35 (*)

F 1% (1, 20) = 8,10 (**)

EXPERIMENTO 2.

Tabela 6 A – Valor médio observado dos índices SPAD determinados em: LQS1, LQS2, LQS3, LQS4, LQS5, LQS6, LQS7, LFS1, LFS2, LFS3, LFS4, LFS5 e LFS6 , em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 2.

Doses de N	LQ							LF					
	LQS1	LQS2	LQS3	LQS4	LQS5	LQS6	LQS7	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	LFS5	LFS6
0	42,53	36,93	36,10	27,30	25,57	18,30	19,35	32,10	29,58	26,02	25,57	20,88	10,75
50	44,62	39,35	36,73	31,68	28,45	20,77	24,42	32,85	31,47	29,75	27,83	25,40	15,15
100	45,98	40,23	42,32	33,27	29,88	27,25	28,95	34,12	34,03	31,85	29,08	26,67	20,77
200	48,45	41,08	43,97	36,35	33,05	28,60	30,6	34,78	32,23	32,35	30,40	28,70	24,05
400	49,05	44,27	46,93	39,68	36,33	29,28	31,63	35,17	35,00	31,97	29,95	24,08	19,32

Tabela 7 A – Valor médio observado da altura (A1, A2 e A3); número de folhas (NF); teor de N-NO₃⁻ na massa seca da quarta folha (LQ); massas secas da quarta folha (MSQF), folhas (MSF), caules (MSC) e raízes (MSR); produção de tubérculos (PT) e número de tubérculos por vaso (NT), em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 2.

Doses de N	A1	A2	A3	NF	LQ	MSQF	MSF	MSC	MSR	PT	NT
	cm			dag kg ⁻¹	g vaso ⁻¹						
0	48,00	48,75	48,83	16,25	0,03	0,33	3,41	1,03	0,37	144,13	5,30
50	52,00	53,66	54,29	15,34	0,12	0,32	4,20	1,29	0,44	164,12	4,80
100	51,00	54,54	55,18	14,50	0,62	0,36	4,84	1,28	0,48	186,58	7,50
200	53,00	56,42	57,71	15,00	1,73	0,38	4,90	1,38	0,40	164,72	5,30
400	49,00	49,92	50,71	16,00	2,06	0,27	3,01	1,15	0,20	127,95	6,30

Tabela 8 A – Resumo de análise de variância dos índices SPAD determinados em: LQS1, LQS2, LQS3, LQS4, LQS5, LQS6, LQS7, LFS1, LFS2, LFS3, LFS4, LFS5 e LFS6, em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 2.

FV	GL	QM												
		LQS1	LQS2	LQS3	LQS4	LQS5	LQS6	LQS7	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	LFS5	LFS6
Bloco	5	5,47	0,71	10,56	6,94	1,93	18,50	7,68	4,34	7,01	18,15	1,46	10,92	12,41
Doses	4	43,73	42,84	131,60	132,04	104,00	148,58	155,14	10,09	27,36	41,99	22,62	51,46	160,01
Linear	1	143,06 **	160,23 **	443,35 **	474,32 **	393,72 **	395,26 **	420,29 **	31,53 **	69,44 **	77,86 *	52,45 *	12,15 ^{ns}	208,88 *
Quadr.	1	31,65 *	3,40 ^{ns}	46,90 ^{ns}	44,50 *	20,71 *	160,42 **	174,26 **	8,00 ^{ns}	5,48 ^{ns}	75,07 *	36,63 ^{ns}	186,38 **	422,70 **
Cúbico	1	0,01 ^{ns}	7,42 ^{ns}	0,062 ^{ns}	6,53 ^{ns}	0,49 ^{ns}	4,96 ^{ns}	22,48 *	0,12 ^{ns}	27,34 ^{ns}	15,01 ^{ns}	1,29 ^{ns}	3,42 ^{ns}	0,58 ^{ns}
Desvio	1													
v Linear	1	166,99 **	167,24 **	469,81 **	527,40 **	409,50 **	502,00 **	562,07 **	37,46	83,86 **	128,54 **	76,39 *	56,25 ^{ns}	377,30 **
v Quadr.	1	0,80 ^{ns}	1,58 ^{ns}	3,35 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	4,32 ^{ns}	18,00 ^{ns}	38,07 **	0,33	1,17 ^{ns}	36,23 ^{ns}	10,65 ^{ns}	128,98 *	153,85 ^{ns}
v Cúbico	1	6,76 ^{ns}	2,30 ^{ns}	26,16 ^{ns}	0,27 ^{ns}	1,52 ^{ns}	39,82 ^{ns}	9,88 ^{ns}	1,87	4,53 ^{ns}	1,12 ^{ns}	3,43 ^{ns}	18,51 ^{ns}	103,43 ^{ns}
Desvio	1													
Resíduo	20	5,80	4,60	10,85	7,61	3,31	17,83	3,94	2,64	6,25	11,02	10,72	20,50	37,71
CV %		5,22	5,32	7,99	8,19	5,93	17,00	7,35	4,82	7,70	10,92	11,46	18,00	34,10

F 5% (1, 20) = 4,35 (*)

F 1% (1, 20) = 8,10 (**)

Tabela 9 A – Resumo de análise de variância da altura (A1, A2 e A3); número de folhas (NF); teor de N-NO₃⁻ na massa seca da quarta folha (LQ), massa seca da quarta folha (MSQF), em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 2.

FV	GL	Experimento 2					
		A1	A2	A3	NF	LQ	MSQF
Bloco	5	14,43	11,80	16,63	3,92	0,1172	0,0068
Doses	4	26,52	62,22	75,93	3,08	5,2019	0,0103
Linear	1	0,73 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,17 ^{ns}	18,3768 ^{**}	0,0114 ^{ns}
Quadr.	1	90,31 [*]	237,24 ^{**}	290,34	9,62 ^{ns}	1,3918 ^{**}	0,023 ^{ns}
Cúbico	1	1,74 ^{ns}	3,86 ^{ns}	2,96 ^{ns}	2,16 ^{ns}	1,015 [*]	0,0043 ^{ns}
Desvio	1						
v Linear	1	5,00 ^{ns}	15,69 ^{ns}	30,85 ^{ns}	42,19 [*]	17,9934 ^{**}	0,005 ^{ns}
v Quadr.	1	86,94 [*]	205,88 ^{**}	234,40 ^{**}	10,53 ^{ns}	0,6983 ^{ns}	0,0156 ^{ns}
v Cúbico	1	4,64 ^{ns}	22,98 ^{ns}	31,07 ^{ns}	0,26 ^{ns}	2,0364 ^{**}	0,0204 ^{ns}
Desvio	1						
Resíduo	20	20,68	19,30	18,68	5,50	0,1276	0,0061
CV %		9,02	8,34	8,12	15,21	39,25	23,79

F 5% (1, 20) = 4,35 (*)

F 1% (1, 20) = 8,10 (**)

Tabela 10 A – Resumo de análise de variância da massa seca das folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR), produção de tubérculos (PT) e número de tubérculos (NT), em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 2.

FV	GL	Experimento 2				
		MSF	MSC	MSR	PT	NT
Bloco	5	0,2032	0,0176	0,0073	218,1896	3,0133
Doses	4	4,2764	0,1143	0,0689	2990,357	6,7833
Linear	1	1,869 ^{ns}	0,0063 ^{ns}	0,1699 ^{**}	3056,634 [*]	2,2042 ^{ns}
Quadr.	1	14,9911 ^{**}	0,3889 ^{**}	0,0874 [*]	6721,105 ^{**}	0,6837 ^{ns}
Cúbico	1	0,1964 ^{ns}	0,0175 ^{ns}	0,017 ^{ns}	1703,712 ^{ns}	6,0871 ^{ns}
Desvio	1					
v Linear	1	0,0251 ^{ns}	0,0784 ^{ns}	0,0847 [*]	609,4159 ^{ns}	3,1143 ^{ns}
v Quadr.	1	14,5554 ^{**}	0,3406 ^{**}	0,1825 ^{**}	9993,686 ^{**}	0,347 ^{ns}
v Cúbico	1	2,4491 [*]	0,0132 ^{ns}	0,0024 ^{ns}	187,2148 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Desvio	1					
Resíduo	20	0,5261	0,0458	0,0112	400,3453	3,8633
CV %		17,81	17,44	27,96	12,7	33,5

F 5% (1, 20) = 4,35 (*)

F 1% (1, 20) = 8,10 (**)

EXPERIMENTO 3.

Tabela 11 A – Valor médio observado dos índices SPAD determinados em: LQS1, LQS2, LQS3, LQS4, LQS5, LQS6, LQS7, LFS1, LFS2, LFS3, LFS4, LFS5 e LFS6 , em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 3.

Doses de N	LQ							LF					
	LQS1	LQS2	LQS3	LQS4	LQS5	LQS6	LQS7	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	LFS5	LFS6
0	39,94	36,22	31,7	26,78	24,24	15,88	16,34	29,06	28,96	25,02	20,86	18,2	11,22
50	42,96	38,12	35,66	30,82	26,82	22,18	25,88	30,20	27,72	27,02	25,78	22,94	15,90
100	43,88	39,38	38,48	33,40	29,32	26,02	30,82	30,32	30,14	31,12	26,54	26,44	20,20
200	46,30	43,32	44,44	37,24	32,66	28,70	33,60	31,10	28,50	29,50	26,86	25,64	19,86
400	48,28	43,24	41,30	38,54	35,46	34,82	36,38	32,30	29,52	28,92	26,18	28,70	27,2

Tabela 12 A – Valor médio observado da altura (A1, A2 e A3); número de folhas (NF); teor de N-NO₃⁻ na massa seca da quarta folha (LQ); massas secas da quarta folha (MSQF), folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR), tubérculos (MSTB) e total (MST); produção de tubérculos (PT) e número de tubérculos por vaso (NT), em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 3.

Doses de N	A1	A2	A3	NF	LQ	MSQF	MSF	MSC	MSR	MSTB	MST	PT	NT
	cm			dag kg ⁻¹	g vaso ⁻¹								
0	55,70	56,80	57,30	17,20	0,0346	0,363	3,456	1,069	0,399	24,876	30,163	140,76	6,00
50	58,80	61,40	61,80	27,60	0,2058	0,313	4,428	1,552	0,530	24,012	30,836	143,02	6,20
100	55,60	58,70	60,70	29,40	0,7618	0,362	5,190	1,923	0,718	33,584	41,778	182,38	11,40
200	60,00	61,80	63,56	27,00	1,8822	0,434	6,014	1,744	0,599	36,856	45,647	194,58	9,60
400	60,40	62,90	64,60	27,80	2,0778	0,372	5,450	1,791	0,563	29,290	37,466	154,32	10,40

Tabela 13 A – Resumo de análise de variância dos índices SPAD determinados em: LQS1, LQS2, LQS3, LQS4, LQS5, LQS6, LQS7, LFS1, LFS2, LFS3, LFS4, LFS5 e LFS6, em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 3.

FV	GL	QM												
		LQS1	LQS2	LQS3	LQS4	LQS5	LQS6	LQS7	LFS1	LFS2	LFS3	LFS4	LFS5	LFS6
Bloco	4	10,56	0,89	15,73	5,81	13,21	8,95	11,29	7,63	34,63	15,43	27,92	20,20	25,96
Doses	4	51,02	49,64	121,54	114,54	100,23	251,17	310,20	7,18	4,32	27,71	30,84	80,40	174,35
Linear	1	181,26 **	155,23 **	264,96 **	372,09 **	368,28 **	898,45 **	879,90 **	27,01 *	1,65 ^{ns}	24,08 ^{ns}	36,46 ^{ns}	222,81 **	616,00 **
Quadr.	1	19,56 ^{ns}	38,46 ^{ns}	214,01 **	85,09 **	32,53 ^{ns}	74,23 *	291,77 **	0,80 ^{ns}	0,04 ^{ns}	54,79 ^{ns}	60,63 ^{ns}	50,73 ^{ns}	19,94 ^{ns}
Cúbico	1	1,46 ^{ns}	3,98 ^{ns}	6,170 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,01 ^{ns}	31,98	68,85 *	0,45 ^{ns}	0,81 ^{ns}	16,77 ^{ns}	22,65 ^{ns}	47,61 ^{ns}	55,28 ^{ns}
Desvio	1													
v Linear	1	202,88 **	177,22 **	369,90 **	441,65 **	391,70 **	1000,0 **	1163,81 **	28,18 *	1,18 ^{ns}	50,47 ^{ns}	75,44 ^{ns}	290,42 **	660,66 **
v Quadr.	1	0,01 ^{ns}	0,24 ^{ns}	37,38 ^{ns}	3,87 ^{ns}	1,84 ^{ns}	0,00 ^{ns}	70,01 *	0,27 ^{ns}	0,63 ^{ns}	32,74 ^{ns}	47,27 ^{ns}	14,73 ^{ns}	2,07 ^{ns}
v Cúbico	1	0,41 ^{ns}	17,81 ^{ns}	73,46 *	0,74 ^{ns}	7,34 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,30 ^{ns}	2,64 ^{ns}	0,64 ^{ns}	2,47 ^{ns}	8,76 ^{ns}
Desvio	1													
Resíduo	16	15,37	13,60	15,94	8,36	8,71	16,33	9,78	5,40	10,31	21,33	21,61	18,12	14,99
CV %		8,85	9,20	10,42	8,67	9,94	15,83	10,94	7,59	11,08	16,31	18,41	17,45	20,51

F 5% (1,16) = 4,49 (*)

F 1% (1, 16) = 8,53 (**)

Tabela 14 A – Resumo de análise de variância da altura (A1, A2 e A3); número de folhas (NF); teor de N-NO₃⁻ na massa seca da quarta folha (LQ), massa seca da quarta folha (MSQF), em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 3.

FV	GL	Experimento 3					
		A1	A2	A3	NF	LQ	MSQF
Bloco	4	135,70	144,98	133,10	366,00	0,03	0,01
Doses	4	26,75	31,28	40,22	119,50	4,45	0,01
Linear	1	58,86 ^{ns}	74,42 ^{ns}	115,21 ^{ns}	111,00	15,11 **	0,01 ^{ns}
Quadr.	1	2,85 ^{ns}	7,95 ^{ns}	22,08 ^{ns}	168,68	1,88 **	0,01 ^{ns}
Cúbico	1	2,50 ^{ns}	2,45 ^{ns}	3,49 ^{ns}	190,77	0,78 *	0,02 ^{ns}
Desvio	1						
v Linear	1	61,87 ^{ns}	90,75 ^{ns}	143,87 ^{ns}	247,78 ^{ns}	15,48 **	0,01 ^{ns}
v Quadr.	1	46,00 ^{ns}	1,58 ^{ns}	3,95 ^{ns}	188,56 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,00 ^{ns}
v Cúbico	1	0,07 ^{ns}	4,79 ^{ns}	0,75 ^{ns}	34,83 ^{ns}	2,01 *	0,03 ^{ns}
Desvio							
Resíduo	16	46,01	41,11	38,22	75,74 ^{ns}	0,10	0,01
CV %		11,67	10,63	10,03	33,73 ^{ns}	31,16	24,49

F 5% (1,16) = 4,49 (*)

F 1% (1, 16) = 8,53 (**)

Tabela 15 A – Resumo de análise de variância da massa seca das folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR), tubérculos (MSTB), total (MST), produção de tubérculos (PT) e número de tubérculos (NT), em função das doses de nitrogênio aplicadas no substrato. Experimento 3.

FV	GL	Experimento 3						
		MSF	MSC	MSR	MSTB	MST	PT	NT
Bloco	4	2,38	0,62	0,34	70,12	112,36	2383,09	12,76
Doses	4	4,92	0,56	0,07	152,60	227,99	2927,55	30,66
Linear	1	9,79 **	0,76 *	0,02 ^{ns}	91,60 ^{ns}	190,47 ^{ns}	712,15 ^{ns}	40,01 ^{ns}
Quadr.	1	9,88 **	0,87 *	0,14 ^{ns}	401,67 **	604,38 **	9428,94 **	27,93 ^{ns}
Cúbico	1	0,01 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,08 ^{ns}	25,58 ^{ns}	16,51 ^{ns}	240,40 ^{ns}	8,00 ^{ns}
Desvio	1							
v Linear	1	14,91 **	1,40 *	0,08 ^{ns}	181,30 *	355,91 *	2341,39 ^{ns}	67,15 *
v Quadr.	1	2,77 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,12 ^{ns}	100,03 ^{ns}	163,48 ^{ns}	3612,57 ^{ns}	5,77 ^{ns}
v Cúbico	1	2,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	289,73 **	344,03 *	5139,54 ^{ns}	5,94 ^{ns}
Desvio	1							
Resíduo	16	0,80	0,17	0,04	34,79	46,87	1005,00	12,09
CV %		18,2	25,24	37,23	19,84	18,41	19,45	39,87

F 5% (1,16) = 4,49 (*)

F 1% (1, 16) = 8,53 (**)