

FERNANDA DE LIMA BARROSO

**INFLUÊNCIA DO MAGNÉSIO SOBRE O DESENVOLVIMENTO,
PRODUTIVIDADE E ÍNDICES NITROGENADOS DA BATATA
SEMENTE BÁSICA, CULTIVADA EM SUBSTRATO ORGÂNICO E
EM HIDROPONIA**

Dissertação apresentada à
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
2013

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

T

B277i
2013 Barroso, Fernanda de Lima, 1985-
Influência do magnésio sobre o desenvolvimento, produtividade e
índices nitrogenados da batata semente básica, cultivada em substrato
orgânico e em hidroponia. / Fernanda de Lima Barroso. - Viçosa, MG,
2013.

xi,66f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.52-57.

1. Batata - Semente. 2. Magnésio. 3. Hidroponia. 4. Adubos e
fertilizantes orgânicos. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22.ed. 635.21

FERNANDA DE LIMA BARROSO

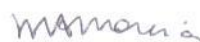
**INFLUÊNCIA DO MAGNÉSIO SOBRE O DESENVOLVIMENTO,
PRODUTIVIDADE E ÍNDICES NITROGENADOS DA BATATA
SEMENTE BÁSICA, CULTIVADA EM SUBSTRATO ORGÂNICO
E EM HIDROPONIA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de junho de 2013.



Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)



Marialva Alvarenga Moreira
(Coorientador)



Renildes Lúcio Ferreira Fontes



Paulo Cezar Rezende Fontes
(Orientador)

*"Flor (...) é um sonho colorido e cheiroso,
que com as raízes, as plantas tiram do escuro da terra
e abrem no ar." – Monteiro Lobato*

Aos meus queridos pais, Serafim e Destarlinge

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as bênçãos que me concede diariamente.

À minha família, em especial meus pais e irmãos, pelo carinho, confiança e apoio incondicional.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de cursar o mestrado.

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

À FAPEMIG e ao CNPQ, pelo apoio financeiro na execução do trabalho.

Ao professor Paulo Cezar Rezende Fontes, pelos ensinamentos, amizade e docilidade em incontáveis momentos.

Aos coorientadores, pelos conselhos e disponibilidade.

Aos funcionários do Laboratório, Domingos e Itamar, pela ajuda, disponibilidade, simpatia e dicas preciosas.

Aos colegas do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, pelas trocas conhecimento e experiência, pelos risos compartilhados e pelas agradáveis “reuniões” extraclasse.

Aos colegas do Laboratório de Homeopatia e Plantas medicinais, pela amizade.

À Fatiminha, pelo carinho e bons conselhos.

Aos amigos que dividiram comigo as fotografias, as tardes de domingo, a república, os feijões mágicos, as quintanejas, a teoria de Piaget, as missas na capela, os trabalhos na casa de vegetação, as capas rosadas, o conhecimento sobre o SigmaPlot, as horas na BBT, as dúvidas, os cafés e a saudade.

OBRIGADA.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1. Aspectos gerais da cultura da batata	2
2.2 Material propagativo.....	4
2.3. O magnésio.....	6
2.4. Relação magnésio/clorofila	6
2.5. Estimadores do estado de nitrogênio na planta	7
2.5.1 Dualex.....	7
2.5.2 SPAD	8
2.5.3 Tabela de cor	9
2.6 Sistema hidropônico de três fases	9
2.7 Organização da dissertação.....	10
OBJETIVOS	11
EXPERIMENTO 1: a influência do magnésio sobre o desenvolvimento, produtividade e índices de nitrogênio da batata semente básica, cultivada em substrato orgânico comercial sem adição de N.....	11
3. Material e métodos.....	11
3.1. Localização da área experimental.....	11
3.2. Material de propagação.....	11
3.3. Tratamentos, instalação de condução do experimento	12
3.4. Avaliações.....	13
a) Índices morfológicos da planta.....	13

b) Índices na folha de referência (quarta folha).....	13
c) Outras avaliações	15
3.5 análise estatística.....	15
4. Resultados	16
4.1 características avaliadas aos 21 dae.	16
4.2 características avaliadas na colheita.....	17
4.3. Seleção de índices para o diagnostico do estado de magnésio da planta cultivada em substrato orgânico, sem adição de nitrogênio.....	20
4.4. Seleção de índices aos 21 dae para o prognóstico da produção de tubérculos	20
EXPERIMENTO 2: A influência do magnésio no desenvolvimento, produtividade e índices nitrogenados da batata semente básica, cultivada em substrato orgânico comercial com adição de N.....	
5. Material e métodos.....	23
6. Resultados	23
6.1 Características avaliadas aos 21 dae.....	23
6.2 Características avaliadas na colheita	24
6.3. Seleção de índices para o diagnostico do estado de magnésio da planta cultivada em substrato orgânico adubado.....	27
6.4. Seleção de índices para prognóstico da produção de tubérculos	27
EXPERIMENTO 3: A influência do magnésio no desenvolvimento, produtividade e índices nitrogenados da batata semente básica, cultivada em sistema hidropônico.	
7. Material e métodos.....	30
7.1 Tratamentos	30
7.2 Sistema hidropônico de três fases	30
7.3 Solução nutritiva.....	31
7.4 Avaliações.....	32
8. Resultados	32

8.1 aos 21 dae	32
8.2 aos 35 dae	34
8.3 na colheita.....	35
8.4 Seleção de índices para o diagnostico do estado de magnésio da planta cultivada em hidroponia.	38
8.5 Seleção de índices para prognóstico da produção de tubérculos	39
9 DISCUSSÃO	43
9.1 Seleção de índices para diagnostico do estado de magnésio da planta de batata	48
9.2 Seleção de índices para prognóstico da produção de batata semente.	49
10. CONCLUSÕES	51
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
12. APÊNDICE.....	58

RESUMO

BARROSO, Fernanda de Lima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2013. **Influência do magnésio sobre o desenvolvimento, produtividade e índices nitrogenados da batata semente básica, cultivada em substrato orgânico e em hidroponia.** Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes. Coorientadores: Marialva Alvarenga Moreira e Paulo Roberto Cecon.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de dose de magnésio (Mg) sobre características morfológicas da planta e produção de tubérculos de batata em três sistemas de cultivo. Adicionalmente, objetivou-se selecionar possíveis índices para o diagnóstico indireto do estado de Mg da planta e para o prognóstico da produtividade de tubérculos de batata semente básica. Cada sistema de cultivo constituiu um experimento. No primeiro, os tratamentos foram constituídos de cinco doses de MgSO_4 (0,0; 1,8; 3,6; 5,4 e 7,2 g dm^{-3}) aplicadas em substrato orgânico, no qual foram acrescentados os demais nutrientes, exceto o nitrogênio. O segundo experimento foi idêntico ao anterior, exceto que nitrogênio foi acrescentado ao substrato. No terceiro experimento, foram testadas cinco doses de Mg (0,0; 0,625; 1,25; 2,5 e 5,0 mmol L^{-1}), em sistema hidropônico circulante e fechado, em areia. Os experimentos foram instalados em ambiente protegido, no Departamento de Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, simultaneamente, no período de 03/04/2012 a 25/06/2012. Nos experimentos 1 e 2, utilizou-se minitubérculo comercial de categoria básica, cultivar Ágata, como material de propagação. As plantas foram cultivadas em vasos de 3 dm^3 , contendo substrato orgânico comercial. No experimento 3, utilizou-se broto da cultivar Ágata como material propagativo. As plantas foram cultivadas em vasos de 8 dm^3 contendo areia lavada, sendo os nutrientes fornecidos via solução nutritiva. Aos 21 dias após a emergência (DAE), foram avaliadas, nos três experimentos, as características: altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa de hastes frescas (MFH), massa de folhas frescas (MFF), massa de raiz fresca (MFR), massa de haste seca (MSH), massa de folhas secas (MSF), massa de raiz seca (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF), área foliar da quarta folha (AF), massa da

quarta folha fresca (MFQF), massa da quarta folha seca (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de nitrogênio (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL), índice SPAD (SPAD), teor de N na quarta folha (TN), teor de Mg na quarta folha (TMg). Aos 35 DAE, foram avaliadas, no experimento em hidroponia, as características: altura de planta (APL), número de folhas (NFO), número de hastes (NHA), índice SPAD (SPAD), índice de balanço de nitrogênio (IBN), índice de clorofila (ICH), e índice de flavonóis (IFL). Os dados foram submetidos à análise de variância, regressão e correlação. Não foram observados, aos 21 DAE, sintomas visuais de deficiência ou de excesso de Mg nas plantas, nos três experimentos. Exceto o teor de Mg na matéria seca da quarta folha (TMg), nenhuma outra característica avaliada aos 21 DAE apresentou resposta à dose de Mg, nos três experimentos. As doses que proporcionaram a maior produção de tubérculos, em unidade por planta, nos experimentos 1, 2 e 3 foram, respectivamente, 7,2; 0,0; g dm⁻³ de MgSO₄ e 0,96 mmol L⁻¹ de Mg²⁺. Com essas doses, os teores de Mg na matéria seca da quarta folha foram 2,02; 2,44 e 1,10 dag kg⁻¹, respectivamente. Os índices de diagnóstico indireto do estado de Mg da planta dependem do sistema de cultivo utilizado. Não foi possível determinar nenhum índice, comum aos três experimentos, capaz de prognosticar a produção de tubérculos em unidade por planta.

ABSTRACT

BARROSO, Fernanda de Lima, M.Sc., Federal University of Viçosa, June of 2013.
Influence of magnesium on the development, yield and nitrogenous indices of the basic seed potato, grown in organic substrate and hydroponics.
Adviser: Paulo Cezar Rezende Fontes. Co-advisers: Marialva Alvarenga Moreira and Paulo Roberto Cecon.

The purpose of this study was to evaluate the effect of magnesium dose (Mg) on morphological characteristics of the plant and production of potato tubercles in three cropping systems. Furthermore, this study aimed to select potential indices for the indirect diagnosis of the Mg state of the plant and for the prognosis of yield of basic seed potato tubercles. Each cropping system composed an experiment. At first, the treatments consisted of five doses of MgSO_4 (0,0; 1,8; 3,6; 5,4 and 7.2 g dm^{-3}) applied in organic substrate, in which were added the other nutrients, except nitrogen. The second experiment was identical to the previous, except that nitrogen was added to the substrate. In the third experiment, five doses of Mg (0,0; 0,625; 1,25; 2,5 and $5,0 \text{ mmol L}^{-1}$) were tested in circulating and closed hydroponic system, in sand. The experiments were installed in a greenhouse, at the Plant Science Department at Federal University of Viçosa, simultaneously, in the period from 04/03/2012 to 06/25/2012. In experiments 1 and 2, it was used a commercial minitubercle of basic category, Ágata cultivar, as a propagating material. The plants were grown in pots of 3 dm^3 containing commercial organic substrate. In experiment 3, it was used the sprout of Ágata cultivar as a propagating material. The plants were grown in pots of 8 dm^3 containing washed sand, being the nutrients provided through nutrient solution. At 21 days after emergence (DAE), in the three experiments, the following characteristics were evaluated: plant height (PH), number of stems (NS), number of leaves (NL), fresh stems mass (FSM), fresh leaves mass (FLM), fresh root mass (FRM), dry stem mass (DSM), dry leaves mass (DLM), dry root mass (RDM), fourth leaf thickness (LT), fourth leaf length (LL), fourth leaf width (LW), number of leaflets of the fourth leaf (NLL), leaf area of the fourth leaf (LA), mass of fourth fresh leaf (FLM), mass of fourth dry leaf (DLM), numerical index (NI), nitrogen balance index (NBI), chlorophyll index (CHI), flavonols index (FLI), SPAD index (SPAD), N content in

the fourth leaf (NC), Mg content in the fourth leaf (MgC). At 35 DAE, in the experiment in hydroponics, the following characteristics were evaluated: plant height (PH), number of leaves (NL), number of stems (NS), SPAD index (SPAD), nitrogen balance index (NBI) chlorophyll index (CHI) and flavonols index (FLI). The data were submitted to analysis of variance, regression and correlation. At 21 DAE, it was not observed visual symptoms of deficiency or excess Mg in plants, in the three experiments. Except the Mg content in the dry matter of the fourth leaf (MgC), any other characteristic evaluated at 21 DAE showed response to Mg dose in the three experiments. The doses that provided the highest production of tubercles, in units per plant, in the experiments 1, 2 and 3 were, respectively, 0,0; 7,2; g dm⁻³ of MgSO₄ and 0.96 mmol L⁻¹ of Mg²⁺. With these doses, the Mg contents in the fourth leaf of dry matter were 2,02; 2,44 and 1,10 dag kg⁻¹, respectively. The indices for indirect diagnosis state of Mg of plant depend on the cropping system utilized. It was not possible to determine any index, common to all three experiments, able to predict the production of tubercles in units per plant.

1. INTRODUÇÃO

O magnésio (Mg) presente no solo participa da estrutura de micas e minerais de argila do tipo 2:1, e na solução do solo encontra-se na forma de cátion Mg^{2+} . Consideram-se como formas disponíveis o Mg da solução do solo e o adsorvido no complexo de troca do solo. O raio iônico deste elemento é de 0,428 nm. Normalmente, o Mg^{2+} trocável constitui 5-20% do total da CTC, o Ca^{2+} representa e torno de 35-45% e o K^+ , cerca de 5%. O Mg é retido com grande energia pela superfície de troca do solo devido à sua valência e seu pequeno raio hidratado. A frequência natural de ocorrência de cátions trocáveis em solos bem drenados é $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$. De maneira geral, o fornecimento de Mg às culturas depende da concentração e da disponibilidade do Mg no solo (Vitti *et al.*, 2006).

O Mg é nutriente mineral com funções essenciais no metabolismo da planta. Além de fazer parte da molécula de clorofila também atua como carreador de outros nutrientes como o fosfato, é ativador enzimático indispensável nos processos de fotossíntese, respiração, síntese de nucleotídeos e de carboidratos (Taiz & Zeiger, 2004). Assim, o Mg é essencial no desenvolvimento e produção da batateira podendo interferir nos índices da planta relacionados à clorofila.

As clorofilas são porfirinas magnesianas nas quais o magnésio corresponde a 2,7% da massa molecular destas, representado cerca de 20% do magnésio total da folha (Mengel & Kirkby, 2001). No processo de síntese de clorofila é formado o composto protoporphyrin IX (Taiz & Zeiger, 2004). Esse composto pode reagir tanto com o Mg formando um precursor da clorofila quanto com o Fe formando um composto Heme. Logo, a quantidade de Mg disponível pode influenciar o direcionamento da rota e, conseqüentemente, na quantidade de clorofila produzida.

Métodos que determinam o teor de clorofila nas folhas são utilizados para diagnosticar o estado de nitrogênio (N) da planta (Fontes, 2011). O N, assim como o Mg, é componente estrutural da molécula de clorofila. Tradicionalmente, a diagnose do estado de N em batata é realizada pela

determinação do teor de N na massa seca da quarta folha. Há métodos alternativos como a determinação da intensidade da cor verde da folha por meio da tabela de cor, clorofilômetro e fluorômetro, além de índices biométricos ou biomarcadores propostos por Fontes (2011).

Por permitirem medições rápidas, práticas e em tempo real os índices de diagnose do verde da folha vêm sendo usados para determinar o estado de N da planta e, devidamente processados, indicam o manejo do adubo nitrogenado nas culturas, pois não há ainda análise de solo que forneça a disponibilidade de N no solo, como acontece para os demais macronutrientes.

Existem diversos trabalhos relacionando adubação nitrogenada e índices desse nutriente na planta, entretanto não existem trabalhos que verifiquem a interferência do Mg nos índices de nitrogênio da planta de batata. Existem também incertezas quanto ao apropriado suprimento de Mg para a produção de batata semente em sistema hidropônico e em substrato orgânico.

Assim, o presente trabalho tem como objetivos verificar a influência de dose de Mg sobre os índices de nitrogênio da planta de batata semente básica, cultivada em substrato orgânico e hidroponia. Adicionalmente, objetivou-se descrever os sintomas visuais de deficiência e excesso Mg, além de determinar a dose de Mg a ser aplicada, nos três sistemas de cultivo, para a obtenção de máxima produtividade de tubérculos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais da cultura da batata

O centro de origem da batateira (*Solanum tuberosum*) é a região dos Andes, na América do Sul, onde era consumida pelas populações nativas há mais de 6.000 anos e ainda hoje é um alimento básico na dieta da população desta região. Existem oito diferentes espécies cultivadas em todo o mundo e mais de 200 espécies silvestres (Pereira *et al.*, 2005).

A batata foi introduzida na Europa por navegadores espanhóis, disseminando-se a partir da Espanha para todo o continente (Pereira, 2005). No Brasil, a batateira é a principal hortaliça cultivada e é aquela que possui a maior demanda por fertilizantes, cerca de seis vezes a demanda da soja

(ANDA, 2000). Em 2012 foram produzidas cerca de 3.496.166t de batata, o suficiente para abastecer todo o mercado interno e estima-se que em 2013 a produção será 5% maior que no ano anterior (IBGE, 2013).

A batateira é uma solanácea anual com a parte aérea herbácea e altura variando entre 50 e 70 cm.. As folhas da batateira são compostas por três ou mais folíolos laterais arredondados, um folíolo apical e alguns rudimentares, o caule aéreo é herbáceo e cresce diretamente do tubérculo mãe, podendo ou não se ramificar (Gonçalves, 2009).

A parte subterrânea do caule é branca e possui gemas situadas nas axilas de folhas rudimentares, que originam ramificações denominadas estolões. O engrossamento das extremidades dos estolões origina os tubérculos que são caules adaptados para a reserva de amido e reprodução. As raízes originam-se na base dos caules aéreos ou hastes e possuem crescimento concentrado na camada de 0-25 cm de profundidade. As flores são hermafroditas unidas em inflorescência no ápice da planta e os frutos são do tipo baga, biloculares de coloração verde. O ciclo da cultura pode ser precoce (menos de 90 dias), médio (aproximadamente 100 dias) ou tardio (mais de 110 dias) (Gonçalves, 2009).

A batateira é uma cultura de clima temperado, entretanto se desenvolve bem em regiões tropicais com altitude elevada. As maiores produtividades são obtidas nos países onde os dias duram de 13 a 17 horas na época de tuberização, com temperaturas médias entre 15 e 18°C e com irrigação. Para que a tuberização ocorra normalmente é necessário que a temperatura noturna não ultrapasse 20°C por 60 dias consecutivos (Ewing, 1997).

A grande diversidade climática do Brasil permite o cultivo de batata durante todo o ano em safras sucessivas. Embora não comum, podem ser realizadas até três safras consecutivas na mesma área: safra das águas (plantio de agosto a novembro) que é praticada em regiões de altitude elevada e representa o maior percentual, cerca de 55% da safra anual; a safra da seca (plantio de março a janeiro), realizada em altitudes medianas onde a diminuição da temperatura e do fotoperíodo ao longo do ciclo favorecem a tuberização; essa safra é responsável por 32% da produção anual de batata no país e a safra de inverno (plantio de abril a junho) onde o inverno é suave e

livre de geadas e a temperatura favorece o ciclo da cultura, ela responde a 13% da safra nacional (Miranda Filho *et al.*, 2003).

2.2. Material propagativo

A propagação comercial da batata se dá via tubérculo, ou seja, por reprodução assexuada, o que garante a produção de material propagativo de genótipo idêntico àquele que o deu origem. O uso de material propagativo de alta qualidade fitossanitária é indispensável para a obtenção de alta produtividade dos tubérculos para consumo. A primeira estratégia para controle de doenças no material propagativo é o plantio de batata semente sadia.

Na década de 1970 foi criada a comissão técnica de batata semente no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, tendo início a normatização dos critérios de produção de batata semente (Hirano, 1987). As normas de produção envolvem a origem e qualidade inicial da semente, isolamento do campo, época de plantio, controle preventivo de doenças e pragas, inspeções periódicas, colheita classificação e armazenamento.

A Instrução Normativa nº 32, de 20 de novembro de 2012, do MAPA, estabelece normas para a produção e comercialização de material propagativo de batata, dentro do território nacional, visando a garantia de sua identidade e sanidade. De acordo com esta Instrução Normativa a batata semente deverá ser produzida nas seguintes categorias: batata-semente genética; básica (G0, G1, G2 e G3); certificada de primeira geração (C1); certificada de segunda geração (C2); S1 e S2. A batata semente categoria básica G0 deve ser obtida a partir da batata semente genética ou da muda básica de batata, e cultivada em ambiente protegido. A batata semente categoria básica G1 deve ser obtida a partir da batata semente categoria básica G0 ; G2 a partir de G1 e G3 a partir de G2. A batata semente de categoria certificada de primeira geração (C1) deve ser obtida de uma batata semente de categoria básica ou de uma muda certificada enquanto a batata semente certificada C2 terá origem da batata semente C1 ou de uma batata semente de categoria básica ou de uma muda certificada. A batata semente de categoria S1 deve ser originada de uma batata certificada C2 ou de categorias superiores e a batata semente S1 será originada de uma batata S1 ou de categorias superiores a esta.

A qualidade da batata semente é definida pelo índice de degenerescência ou pela capacidade produtiva da batata-semente que declina ao longo vários cultivos sucessivos (Factor, 2007). A capacidade produtiva é geralmente comprometida pela degenerescência fisiológica (idade da semente, condições climáticas durante a tuberização e condições de armazenamento), e degenerescência fitopatológica (Moreira, 2008).

A técnica da cultura de tecido permite a produção de plântulas que cultivadas em ambiente protegido produzem tubérculos que podem atender aos níveis de segurança normatizados. O cultivo *in vitro* reduz o número de multiplicações no campo, eleva a taxa regenerativa e produz material isento de doenças e pragas, a limpeza clonal e posterior indexação asseguram a qualidade fitossanitária do material produzido, o que constitui importante estratégia para a produção de batata. Esse material é denominado minitubérculo ou microtubérculo (Pereira, 2003). O ciclo produtivo do minitubérculo é curto, dura em média 45 dias (Moreira, 2008).

Outro material propagativo possível de ser usado na produção de batata-semente, básica e certificada, é o broto originário de batata-semente básica (Moreira, 2008). A utilização do broto de tubérculo da classe básica permite a redução na importação e na produção de minitubérculos da categoria básica reduzindo os custos da produção da batata semente certificada (Souza-Dias, 2006). Segundo a instrução normativa nº 32 de 20 de novembro de 2012, a produção de muda certificada em forma de broto só será permitida a partir de batata semente da categoria básica.

No Brasil, os brotos de batata semente básica costumam ser destacados como prática fitotécnica realizada antes do plantio para aumentar a taxa de multiplicação dos lotes. A ausência da dominância apical dos brotos removidos garante a melhor brotação dos tubérculos. Os brotos podem ser usados como material propagativo, de alta qualidade e baixo custo. Cada broto origina uma média de três minitubérculos com tamanho que chega a superar 5 cm de diâmetro. Os minitubérculos originados de brotos fazem parte do grupo de batata semente de alta sanidade (categoria básica) podendo ser plantados diretamente no campo com resultados de produtividade semelhantes aos obtidos com o plantio de batata semente básica nacional ou importada (Souza-Dias & Costa, 1998).

2.3. O magnésio

O magnésio (Mg) é um cátion essencial absorvido da solução do solo na forma de Mg^{2+} , sendo interceptado pelas raízes por fluxo de massa e crescimento radicular (Novais *et al.*, 2007). O fluxo de massa é o responsável pelo maior percentual de contato dos cátions bivalentes como o magnésio com a raiz.

A taxa de absorção do magnésio pelas plantas pode ser influenciada pela concentração de outros cátions como K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} e Mn^{2+} em solução, assim como H^+ em condições de pH baixo. No interior da planta, o Mg se movimenta seguindo o fluxo transpiracional, logo, maiores concentrações desse nutriente são encontradas nos tecidos mais jovens. O conteúdo de Mg em tubérculos de batata é condicionado por características genéticas e condições de solo e clima durante o crescimento da planta, além de determinadas práticas culturais (Gugala & Zarzecka, 2009; Gugala *et al.*, 2012).

Esse nutriente é responsável por ativar grande número de enzimas. É cofator de quase todas as enzimas fosforiladas, forma pontes entre o pirofosfato do trifosfato de adenosina (ATP) ou do difosfato de adenosina (ADP) e a molécula da enzima. A transferência de energia entre esses dois complexos é fundamental nos processos de fotossíntese, respiração, reação de síntese de compostos orgânicos absorção iônica e trabalho mecânico realizado pela planta (Taiz & Zeiger, 2004).

O sintoma geral de deficiência de Mg nas plantas é caracterizado por clorose entre as nervuras foliares. Forma-se um “v” invertido em relação a pecíolo em casos mais graves da deficiência que ocorre primeiro nas folhas velhas devido a alta mobilidade do nutriente no floema (Taiz & Zeiger, 2004). Ocorre também a redução da produtividade e, em alguns casos, pode haver queda das folhas. No campo, principalmente em solos ácidos, mais comumente usados na produção de batata, casos de toxidez por Mg em plantas são raros.

2.4. Relação magnésio/clorofila

Uma das funções do Mg nas folhas é ser constituinte da clorofila, ocupando posição central na molécula. Cerca de 20% do Mg total da folha está

na clorofila. O teor de Mg na folha de batata da cultivar Ágata varia entre 3 a 5 dag kg⁻¹ (Lorenzi *et al.*, 1997; Fernandes *et al.*, 2011).

O teor de Mg na folha é afetado pela disponibilidade do mineral no meio (Dorenstouter *et al.*, 1985). Foi evidenciado pelo trabalho de Nascimento (2009) que doses crescentes de magnésio proporcionam aumento na síntese de clorofila em plantas de soja. Os pigmentos fotossintéticos (clorofilas e carotenóides) são essenciais para o desenvolvimento das plantas, por serem responsáveis pela captura da energia solar incidente necessária à fotossíntese. Em experimento realizado por Pereira (2001) foi observado que as doses crescentes de Mg alteraram positivamente a leitura do valor SPAD nas lâminas foliares recém expandidas de Capim-Mombaça, além da massa seca da parte aérea, das raízes, número de folíolos e área foliar. Baixos valores do índice SPAD nas folhas de Capim Tanzânia associam-se à doses baixas de Mg e acarretam redução da concentração de clorofilas nas folhas.

2.5. Índices do estado de nitrogênio na planta

2.5.1. Dualex

Pode-se detectar deficiência nutricional de plantas através de aparelhos que medem a fluorescência induzida da clorofila. A clorofila emite fluorescência quando recebe radiação UV e vermelho. Quando essas radiações atingem a folha, a epiderme absorve a radiação UV e transmite a vermelha. Comparando a fluorescência induzida nesses comprimentos de onda pode-se determinar a absorbância da epiderme (Fontes, 2011). Um equipamento que mede a fluorescência da clorofila é o fluorômetro.

O Dualex (dupla excitação) é um flúorômetro portátil usado para estimar em tempo real e de forma não destrutiva os índices isolados e combinados de clorofila e flavonóis. As leituras fornecidas por esse equipamento se baseiam na medição da absorbância de UV pela epiderme da folha, após a dupla excitação de fluorescência da clorofila (Goulas *et al.*, 2004). Este aparelho mede a fluorescência emitida pela clorofila sob a dupla excitação e a transmissão de luz da folha (Fontes, 2011). O índice obtido fornece indiretamente a concentração de polifenóis, uma vez que apenas os feixes que

não são absorvidos pelos polifenóis excitam a clorofila (Goulas *et al.*, 2004). O Dualex fornece no visor, em uma única medição na folha, o índice de clorofila (ICH), o índice de flavonóis (IFL) e o índice de balanço de nitrogênio (IBN), obtido pela relação entre ICH e IFL.

Alguns autores têm utilizado o Dualex para estimar os teores de clorofila na folha do milho (Tremblay *et al.*, 2007), ornamentais (Mainard *et al.*, 2008) e trigo (Cartelat *et al.*, 2005; Tremblay *et al.*, 2010). Pioneiramente no Brasil o Dualex foi utilizado por Milagres (2011) em avaliações na batata.

2.5.2. SPAD

O clorofilômetro (SPAD) é o aparelho mais comumente usado na determinação direta da intensidade do verde da folha e, indiretamente, o teor de clorofila e o estado de nitrogênio (clorofila) das plantas. O SPAD fornece leituras que se correlacionam com o teor de clorofila presente na folha. Os valores são calculados pela leitura diferencial da quantidade de luz transmitida pela folha, em duas regiões de comprimento de onda (650 nm e 940 nm), e a absorção de luz pela clorofila que ocorre no primeiro comprimento de onda (Swiader & Moore, 2002).

Estudos avaliando a tonalidade do verde da folha como indicador indireto do estado de nitrogênio da planta tem se intensificado. Diferentes concentrações de clorofila originam diferentes tons de verde na folha, determinando a radiação absorvida e refletida pelo dossel. A clorofila é o principal pigmento responsável pela coloração verde das folhas.

A molécula de clorofila consiste num átomo central de magnésio envolvido por um anel porfirínico que contém nitrogênio e uma longa cadeia lateral constituída de carbono e hidrogênio, chamada fitol. As clorofilas e demais pigmentos da folha são responsáveis por suas propriedades espectrais, refletância, absorbância e transmitância, características importantes na determinação indireta do estado de nutriente das plantas (Fontes, 2011).

Avaliações realizadas na folha do tomateiro (Guimarães *et al.*, 1999), milho (Argenta *et al.*, 2001) e outras espécies (Yadava, 1986) indicam haver relação significativa entre a leitura do clorofilômetro e o teor de clorofila extraível. Avaliações realizadas com braquiária e capim Mombaça mostraram

que existe relação significativa entre o índice SPAD e o teor de Mg na folha aos 25 dias após o plantio (Pereira, 2001).

Em folhas de batata, as leituras realizadas com o clorofilômetro aos 21 dias após a emergência correlacionam-se positiva e linearmente com os teores de clorofila (a e total), mas não com o teor de clorofila b (Fontes, 2011). Os valores do índice SPAD podem ser afetados por diversos fatores, entre elas a radiação (estação do ano), densidade de plantas, variedade, disponibilidade de nutrientes e estresses bióticos e abióticos que acarretam descoloração da folha (Balasubramanian, 1999).

2.5.3. Tabela de cor

A tabela de cor é um instrumento de análise de estado de nitrogênio de baixo custo e manuseio fácil. Consiste em uma régua de aproximadamente 15 cm de largura por 6 de espessura, sendo dividida em seis segmentos de diferentes tons de verde variando de verde amarelado a verde escuro conforme o estado de nitrogênio da planta (Fontes, 2011).

A coloração verde das folhas comumente relaciona-se com o estado nutricional nitrogenado das plantas. A identificação da tonalidade de verde presente nas folhas pode ser feita através da inspeção visual direta de uma escala de cores para tecidos foliares ou por uma escala gradativa de tons de verde calibrada para diferentes estados de nitrogênio na folha (Fontes, 2011).

2.6. Sistema hidropônico de três fases

O termo hidroponia originado da união entre *hidros* (água) e *ponos* (cultivo), significa cultivo em água. Entretanto o termo é usado para todos os cultivos sem solo, que podem ser realizados na água ou em substratos com pequena atividade química ou inertes. A nutrição da planta é realizada através de uma solução nutritiva contendo todos os nutrientes nas proporções requeridas pela planta (Martinez & Clemente, 2011).

O sistema hidropônico usado no cultivo de plantas em ambiente protegido tem como vantagem a alta produção por unidade de área, produto de alta qualidade com menor incidência de doenças e pragas, facilidade de execução de tratamentos culturais, ciclos mais curtos e perdas de nutrientes

minimizadas. O sistema hidropônico de três fases, diferentemente do cultivo em água ou aeroponia, possui uma fase sólida, normalmente areia, que age como enchimento e é banhada pela fase líquida, onde se aloja a fase gasosa. Nesse sistema, a solução nutritiva deve ser fornecida por gotejamento, diversas vezes ao dia, preferencialmente, através de um sistema de irrigação automatizado e acionado pela tensão hídrica (Martinez & Silva Filho, 2006).

A areia usada em cultivo hidropônico deve possuir diâmetro entre 0,6 e 2,0 mm, uma vez que partículas muito finas dificultam a drenagem e aeração enquanto partículas muito grossas não retêm umidade suficiente. O cultivo em vasos contendo areia como substrato é muito usado em estudos de omissão de nutrientes para a observação de sintomas característicos de deficiência, estudos do efeito do excesso de determinado nutriente e interação entre níveis de nutrientes e desenvolvimento da planta (Martinez & Clemente, 2011).

2.7. Organização da dissertação

A presente dissertação está organizada e apresentada em três experimentos.

- Experimento 1: A influência do Mg sobre o desenvolvimento, produtividade e índices de nitrogênio da batata semente básica, cultivada em substrato orgânico comercial, sem adição de N.
- Experimento 2: A influência do Mg sobre o desenvolvimento, produtividade e índices de nitrogênio da batata semente básica, cultivada em substrato orgânico comercial, com adição de N.
- Experimento 3: A influência do Mg sobre o desenvolvimento, produtividade e índices de nitrogênio da batata semente básica, cultivada em hidroponia.

OBJETIVOS:

- a) Caracterizar os sintomas visuais de deficiência e de excesso de Mg nas plantas.
- b) Descrever o efeito de doses de Mg sobre características morfológicas da planta.
- c) Determinar o efeito de doses de magnésio sobre o valor dos índices SPAD, Dualex, tabela de cor e índices morfológicos na folha de referência da batata.
- d) Estabelecer a dose ótima de magnésio para a produção de batata semente.
- e) Selecionar índice para estimar a concentração de Mg na massa da matéria seca da folha.
- f) Identificar índice para prognosticar a produção de tubérculos (número e massa).

EXPERIMENTO 1

A INFLUÊNCIA DO MAGNÉSIO SOBRE O DESENVOLVIMENTO, PRODUTIVIDADE E ÍNDICES DE NITROGÊNIO DA BATATA SEMENTE BÁSICA, CULTIVADA EM SUBSTRATO ORGÂNICO COMERCIAL, SEM ADIÇÃO DE N.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área experimental

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de Abril a Junho de 2012.

3.2. Material de propagação

O material de propagação utilizado foi o minitubérculo comercial da categoria básica com diâmetro transversal de 13 mm (Tipo VII), oriundo de cultura de tecido, da cultivar Ágata.

3.3.Tratamentos, instalação e condução do experimento

Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de sulfato de magnésio (0,0; 1,8; 3,6; 5,4 e 7,2g dm⁻³) com quatro repetições. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso. A unidade experimental foi um vaso contendo substrato e uma planta. A amostragem foi realizada aos 21 dias após a emergência (DAE) e ao final do ciclo da cultura.

O substrato comercial utilizado foi o Tropstrato HT Hortalças. Segundo o fabricante, o substrato é composto de casca de pinus, turfa e vermiculita expandida e é enriquecido com macro e micronutrientes. A capacidade de retenção de água é 130% (p/p), a densidade é 490 kg m⁻³ e a condutividade elétrica de 0,5 µS cm⁻¹ no extrato aquoso 5:1.

O substrato recebeu em pré-plantio as doses de sulfato de magnésio correspondentes a cada tratamento além de 3400 mg dm⁻³ de superfosfato simples e 10% da dose recomendada de KCl. A dose total de KCl foi 1320 mg dm⁻³. A aplicação dos micronutrientes B, Fe, Zn, Cu, Mn e Mo foi realizada juntamente com os macronutrientes, em pré-plantio. As doses dos demais sais foram: 2,5 mg dm⁻³ de sulfato de zinco; 2,5 mg dm⁻³ de sulfato de cobre; 0,25 mg dm⁻³ de molibdato de amônio; 2,5 mg dm⁻³ de sulfato ferroso e 2,5 mg dm⁻³ de sulfato manganoso

Os fertilizantes foram incorporados ao substrato, exceto o cloreto de potássio que foi aplicado 10% em pré-plantio e 90% em cobertura, via fertirrigação, durante 15 dias a partir do quinto dia após emergência. O sulfato de magnésio foi incorporado ao substrato de cada vaso em pré-plantio, separadamente.

O minitubérculo foi plantado no dia 03 de abril de 2012, em vaso de 3,0 dm³ contendo o substrato comercial previamente adubado. No fundo de cada vaso foram colocadas britas a altura de aproximadamente 2,0 cm para facilitar a drenagem. Os minitubérculos foram plantados a profundidade de 5 cm. Imediatamente antes do plantio, foi colocado o inseticida sistêmico Furadan (carbofurano) 3,0 cm abaixo do nível de plantio. Os vasos foram irrigados diariamente. Aos 21 DAE (02 de maio de 2012) realizou-se a amontoa, utilizando o substrato do próprio vaso.

Foram registradas as médias de temperaturas mínimas e máximas ocorridas no interior da casa de vegetação durante a condução do experimento (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores médios de temperaturas mínima e máximas mensais registradas no interior da casa de vegetação, no período de condução do experimento.

Meses	Temperatura mínima média (°C)	Temperatura máxima média (°C)
Abril/2012	19	39
Maio/2012	16	31,5
Junho/2012	15	30

3.4. Avaliações

A) Índices morfológicos da planta

Foram avaliados aos 21DAE os seguintes índices morfológicos:

A1. Altura da planta (APL): mediu-se o comprimento da haste principal da planta com o auxílio de uma régua graduada em mm. Esta medição foi realizada da base do substrato ao ápice da planta.

A2. Número de hastes (NHA) e folhas (NFO): realizou-se a contagem das folhas e hastes de cada planta (unidade experimental).

A3. Massas de matéria fresca e seca de folhas, hastes e raiz. Esses órgãos foram seccionados, embalados separadamente e pesados em balança analítica. Posteriormente foram colocados em estufa de ventilação forçada a 70°C até atingir massa constante quando foram pesados novamente em balança analítica para a obtenção da massa da matéria seca.

B) Índices na folha de referência (quarta folha)

Foram avaliados na quarta folha de cada planta aos 21 DAE os seguintes índices:

B1. SPAD (SPAD): esse índice foi determinado com o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development-502). O índice SPAD foi determinado no folíolo terminal da quarta folha completamente expandida da planta. A medição foi realizada sempre entre 8:00 e 10:00 da manhã, seguindo-se procedimento utilizado por Guimarães *et al.* (1999).

B2. DUALEX (IBN): esse índice foi obtido com o Dualex (Force A). O folíolo terminal da folha de referência foi utilizado na medição. O Dualex fornece as leituras de Chl (clorofila), Flv (flavonóis) e NBI (Índice de balanço de N), que é a razão Clorofila/Flavonóis (Fontes, 2011)

B3. Intensidade do verde da folha ou índice numérico (IN): determinou-se o índice numérico através da intensidade do verde da folha da batateira com o uso da tabela de cor adaptada para a cultura. O índice numérico é dado por tons de verde, variando de 1 a 6 do verde amarelado ao verde escuro. Essa medição foi feita no folíolo terminal da folha de referência.

B4. Comprimento, largura e número de folíolos da quarta folha: foram medidos com o auxílio de uma régua milimetrada o comprimento e a largura da quarta folha e contado o número de folíolos da mesma.

B5. Espessura da quarta folha: determinou-se a espessura da quarta folha com o auxílio de um micrometro digital. A medição foi realizada entre 10:00 e 11:00 da manhã, colocando as faces do medidor em contato com o limbo foliar com o cuidado de não sobrepor a nervura central da folha.

B6. Área foliar: a área (cm²) da quarta folha foi obtida com o medidor LI-COR 3100. Esse medidor de área foliar funciona no laboratório em tempo real, ou seja, a área é retornada no momento em que a folha passa pelo sensor. Seu visor apresenta medidas de no mínimo 1 mm², resolução de até 0,1 mm², e apresenta uma precisão de $\pm 2,0\%$ para a resolução 1 mm² e $\pm 1,0\%$ para a resolução 0,1 mm². É um aparelho integrador de área, cuja teoria operacional baseia-se na simulação de células de grade, de área conhecida, na superfície foliar (LI-COR, 1996).

B7. Massa das matérias fresca e seca da quarta folha: determinou-se a massa da matéria fresca da folha de referência em laboratório com o auxílio de uma balança analítica. Posteriormente a folha foi colocada em estufa de ventilação forçada à 70°C até atingir massa constante quando foi pesada em balança analítica.

B8. Teor dos nutrientes na quarta folha: após a secagem, a matéria seca da quarta folha foi macerada num almofariz. Nesse material foi determinado o teor de Nitrogênio e Magnésio usando a digestão sulfúrica e a nitroperclórica respectivamente.

C) Avaliações realizadas na colheita (61 DAE)

C2. Número de tubérculos: após a colheita os tubérculos foram contados. O número de tubérculos foi expresso em quantidade produzida por planta (ud/planta).

C3. Massa das matérias fresca e seca de tubérculos: amostras de tubérculos recém-colhidos foram pesadas. Posteriormente os tubérculos foram cortados, colocados em placa de Petri e deixados sobre a bancada do laboratório por 12 horas para secagem parcial. Após esse tempo as amostras foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até que atingir massa constante. Nesse momento determinou-se a massa da matéria seca. A massa das matérias fresca e seca foram expressas em massa por planta (g/planta).

C4. Massa seca de haste e folhas: a parte aérea das plantas foi dividida em caule e folhas, que foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação forçada a 70°C, até atingirem massa constante. Nesse momento determinou-se a massa das folhas e hastes secas. A massa das hastes e folhas secas foi expressa em massa por planta (g/planta).

3.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, regressão e correlação de Pearson. Os modelos de regressão foram escolhidos com base na ocorrência biológica, na significância dos coeficientes de regressão e no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{S.Q. Regressão} / \text{S.Q. Tratamento}$).

Foram selecionados índices da planta passíveis de serem usados de forma indireta para estimar a concentração de Mg na quarta folha, aos 21 DAE. Para isso utilizou-se a correlação de Pearson entre o teor de Mg na quarta folha e os valores das características avaliadas aos 21 DAE. Da mesma forma, utilizou-se a correlação de Pearson entre os valores das características

avaliadas aos 21 DAE para identificar índices capazes de prognosticar a produção de tubérculos (número e massa). Isso foi feito com base na significância da correlação entre as características determinadas aos 21 DAE e o número de tubérculos e as massas fresca e seca de tubérculos

Foram utilizados os programas estatísticos SAEG e SigmaPlot para análise dos dados e confecção dos gráficos.

4. RESULTADOS

Os valores médios observados das características avaliadas em todos os tratamentos foram colocados no apêndice (página 58 e 59). Encontram-se também no apêndice os resumos da ANOVA (página 59 e 60)

4.1. Características avaliadas aos 21 DAE

Houve efeito significativo de dose de Mg sobre as características: espessura da quarta folha (EQF), índice de balanço de nitrogênio (IBN), teor de nitrogênio na quarta folha (TN) e teor de Mg na quarta folha (TMg), aos 21 DAE. Os modelos para a relação entre dose de magnésio e as variáveis descritas estão na Tabela 2 e a representação gráfica nas Figuras 1 a 4.

Tabela 2: Equações ajustadas e os respectivos coeficientes de determinação (R^2) das características altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa fresca de haste (MFH), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de haste (MSH), massa seca de folhas (MSF) massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF), área foliar da quarta folha (AF), massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL), índice SPAD (SPAD), teor de N na quarta folha (TN) e teor de Mg na quarta folha em função de doses de Mg adicionadas ao substrato que não recebeu adição de N. (Exp.1).

Característica	Unidade	Equação ajustada	R^2
APL	cm	$\hat{Y} = 23,87$	-
NHA	ud/planta	$\hat{Y} = 1,15$	-
NFO	ud/planta	$\hat{Y} = 10$	-
MFH	g/planta	$\hat{Y} = 3,98$	-
MFF	g/planta	$\hat{Y} = 9,66$	-
MFR	g/planta	$\hat{Y} = 0,76$	-
MSH	g/planta	$\hat{Y} = 1,34$	-
MSF	g/planta	$\hat{Y} = 1,99$	-
MSR	g/planta	$\hat{Y} = 0,37$	-
EQF	cm	$\hat{Y} = 0,3070 + 0,0395^{**} D - 0,0052^{**} D^2$	0,99
CQF	cm	$\hat{Y} = 12$	-
LQF	cm	$\hat{Y} = 6$	-
NFQF	unidade	$\hat{Y} = 4,5$	-
AF	cm ²	$\hat{Y} = 37,75$	-
MFQF	g/planta	$\hat{Y} = 1,13$	-
MSQF	g/planta	$\hat{Y} = 0,62$	-
IN	unidade	$\hat{Y} = 3,5$	-
IBN	unidade	$\hat{Y} = 141,29 + 14,34^{\circ} \sqrt{D} - 5,5528^{\circ} D$	0,67
ICH	unidade	$\hat{Y} = 29,04$	-
IFL	unidade	$\hat{Y} = 0,19$	-
SPAD	unidade	$\hat{Y} = 36,64$	-
TN	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 2,1078 + 0,1415^{*} D - 0,0125^{\circ} D^2$	0,89
TMg	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 2,0220 + 0,0975^{**} D - 0,0065^{*} D^2$	0,99

^{**}, ^{*}, [°], ^{°°} significativo a 1, 5, 10 e 15% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t”; D = dose de Mg em g dm⁻³.

4.2. Características avaliadas na colheita

Houve efeito significativo de dose de Mg sobre o números de tubérculos avaliados na colheita (NT) e não houve efeito sobre a massa fresca de tubérculos frescos (MFT) e massa de tubérculos secos (MST), características avaliadas na colheita. Os modelos para as relações entre dose de magnésio e

as variáveis descritas estão na Tabela 3 e a relação entre dose de Mg e número de tubérculos está representada na Figura 5.

Tabela 3: Equações ajustadas e os respectivos coeficientes de determinação (R^2) das características: número de tubérculos (NT), massa da matéria fresca de tubérculos (MFT) e massa da matéria seca de tubérculos (MST), em função de doses de Mg adicionadas ao substrato que não recebeu adição de N. (Exp.1).

Característica	Unidade	Equação ajustada	R^2
NT	ud/planta	$\hat{Y} = 5,15 + 0,5555^{**}D$	0,90
MFT	g/planta	$\hat{Y} = 101,13$	-
MST	g/planta	$\hat{Y} = 14,19$	-

******Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”; D = dose de Mg em $g\ dm^{-3}$.

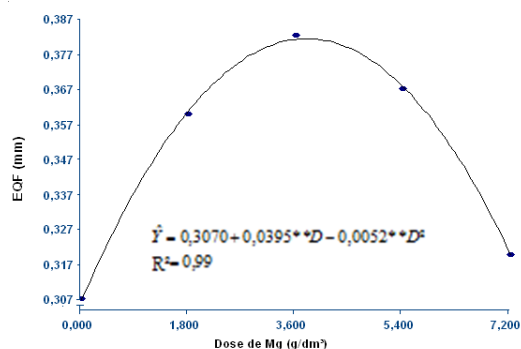


Figura 01: Relação entre a espessura da quarta folha (EQF) e doses de Mg, no substrato sem adição de N, aos 21 dias após a emergência.

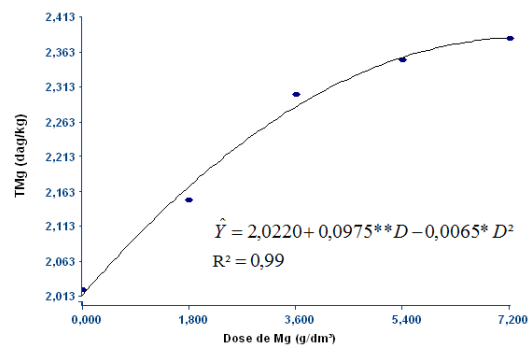


Figura 04: Relação entre o teor de Mg na quarta folha (TMg) e dose de Mg, no substrato sem adição de N, aos 21 dias após a emergência.

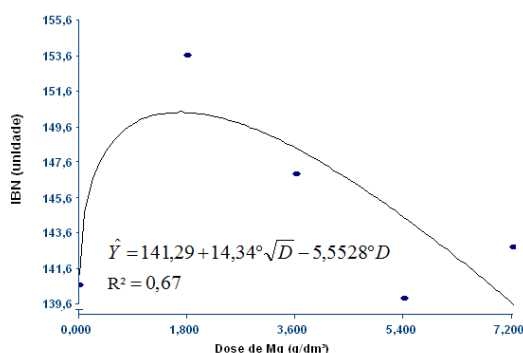


Figura 02: Relação entre o índice de balanço de nitrogênio na quarta folha (IBN) e doses de Mg, no substrato sem adição de N, aos 21 dias após a emergência.

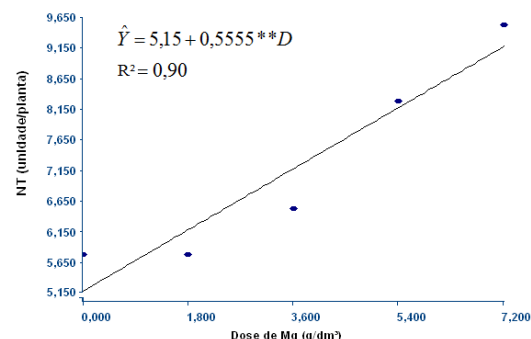


Figura 05: Relação entre o número de tubérculos produzidos ao final do ciclo da cultura e dose de Mg aplicadas no substrato sem adição de N.

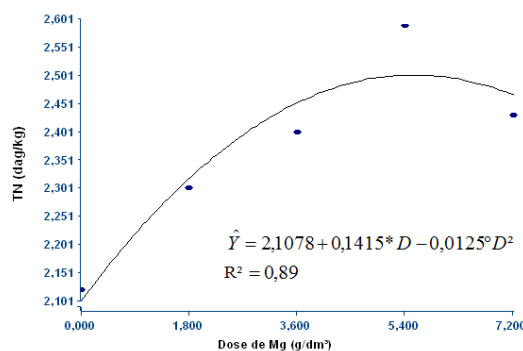


Figura 03: Relação entre o teor de nitrogênio na quarta folha (TN) e doses de Mg, no substrato sem adição de N, aos 21 dias após a emergência.

4.3. Seleção de índices para o diagnostico do estado de magnésio da planta cultivada em substrato orgânico, sem adição de nitrogênio

As estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson entre as características determinadas aos 21 DAE na planta e na quarta folha da batateira e o teor de Mg na matéria seca da quarta folha aos 21 DAE (TMg) estão na Tabela 4. Apenas o teor de N na quarta folha apresentou correlação significativa com o teor de Mg na quarta folha (TMg) e está representado graficamente na Figura 6.

Tabela 4: Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson entre as características avaliadas aos 21 DAE: altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa fresca de haste (MFH), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de haste (MSH), massa seca de folhas (MSF) massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF), área foliar da quarta folha (AF), massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL), índice SPAD (SPAD) e teor de N na quarta folha (TN) com o teor de Mg na quarta folha. (Exp.1).

Característica da planta	Teor de Mg na quarta folha	Característica da quarta folha	Teor de Mg na quarta folha
APL	- 0,19	EQF	0,41
NHA	0,35	CQF	0,16
NFO	0,57	LQF	0,03
MFH	0,29	NFQF	0,10
MFF	0,39	AF	- 0,07
MFR	0,26	MFQF	0,05
MSH	0,14	MSQF	0,01
MSF	0,54	IN	0,29
MSR	0,42	IBN	- 0,14
		ICH	0,48
		IFL	0,12
		SPAD	0,16
		TN	0,91**

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “t”.

4.4. Seleção de índices aos 21 dae para o prognóstico da produção de tubérculos

As estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson das características determinadas na folha de referência e na planta de batata,

aos 21 DAE, com o número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculos (MFT) e massa seca de tubérculos (MST) estão na Tabela 5. Algumas relações selecionadas estão representadas nas Figuras de 7 a 11.

Tabela 5: Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson entre as características avaliadas aos 21 DAE: altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa fresca de haste (MFH), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de haste (MSH), massa seca de folhas (MSF) massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF), área foliar da quarta folha (AF), massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL) e índice SPAD (SPAD) com o número de tubérculos (NT), a massa da matéria fresca de tubérculos (MFT) e a massa da matéria seca de tubérculos (MST). (Exp.1).

Característica	NT	MFT	MST
Da planta			
APL	-0,12	-0,94°	-0,67**
NHA	0,55	-0,17	0,35
NFO	0,637	-0,37	-0,0
MFH	0,29	-0,01	0,67°
MFF	0,38	-0,20	0,44
MFR	0,53	-0,40	0,31
MSH	0,20	-0,04	0,72°
MSF	0,55	-0,19	0,26
MSR	0,42	-0,36	0,22
Da quarta folha			
EQF	-0,12	0,50	0,23
CQF	0,27	-0,81*	-0,58
LQF	0,17	-0,78*	-0,85*
NFQF	0,01	-0,61	-0,89*
AF	0,10	-0,92**	-0,50
MFQF	0,18	-0,84*	-0,71°
MSQF	0,18	-0,86*	-0,68°
IN	0,53	-0,57	-0,78*
IBN	-0,46	-0,06	0,72°
ICH	0,39	-0,13	0,43
IFL	0,59	0,26	0,18
SPAD	0,32	-0,71°	-0,83*
TN	0,71°	0,73°	0,05
TMg	0,83*	0,41	-0,08

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

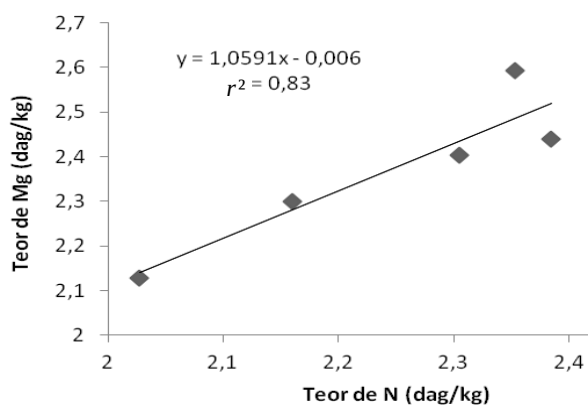


Figura 6: Relação entre o teor de Mg na quarta folha (TMg) e o teor de nitrogênio na quarta folha (TN), no substrato sem adição de N, aos 21 DAE.

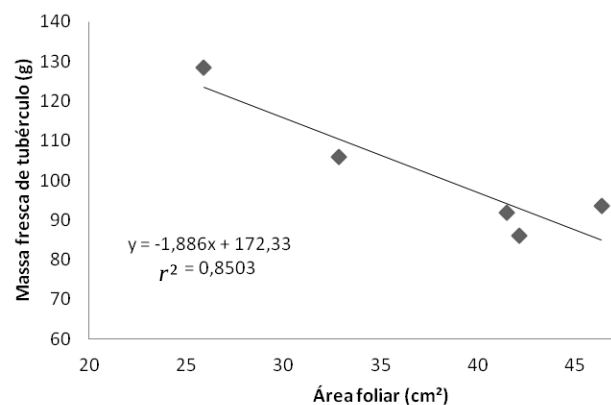


Figura 9: Equação para prognosticar a massa fresca de tubérculos (MFT) na colheita pela avaliação da área foliar da quarta folha (AF), no substrato sem adição de N, aos 21 DAE.

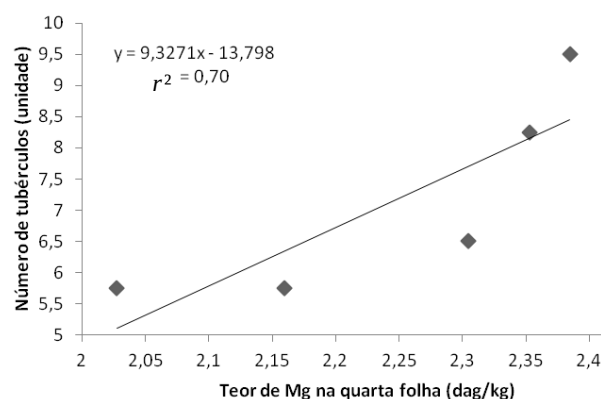


Figura 7: Equação para prognosticar o número de tubérculos (NT) na colheita pela avaliação do teor de Mg presente na folha de referência (TMg), no substrato sem adição de N, aos 21 DAE.

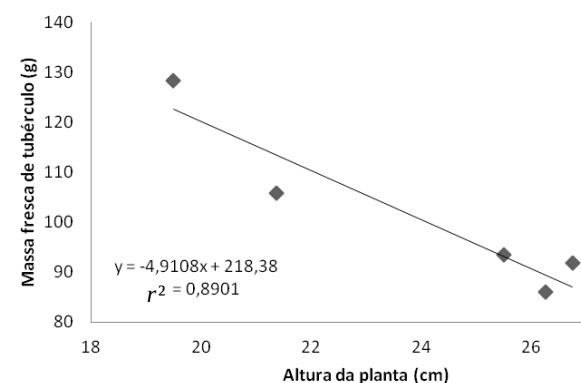


Figura 10: Equação para prognosticar a massa fresca de tubérculos (MFT) na colheita pela avaliação da altura da planta (APL), no substrato sem adição de N, aos 21 DAE.

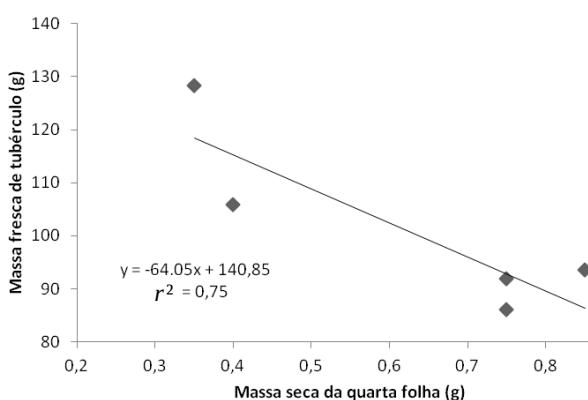


Figura 8: Equação para prognosticar a massa fresca de tubérculos (MFT) na colheita pela avaliação da massa seca da quarta folha (MSQF), no substrato sem adição de N, aos 21 DAE.

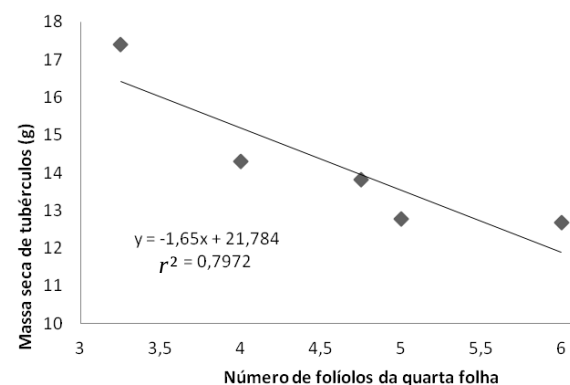


Figura 11: Equação para prognosticar a massa seca de tubérculos (MST) na colheita pela avaliação do número de folíolos da quarta folha (NFQF), no substrato sem adição de N, aos 21 DAE.

EXPERIMENTO 2

A INFLUÊNCIA DO MAGNÉSIO NO DESENVOLVIMENTO, PRODUTIVIDADE E ÍNDICES NITROGENADOS DA BATATA SEMENTE BÁSICA, CULTIVADA EM SUBSTRATO ORGÂNICO COMERCIAL COM ADIÇÃO DE N.

5. MATERIAL E MÉTODOS

Esse experimento foi conduzido concomitantemente e de forma similar ao Experimento 1, salvo que o substrato foi adubado com nitrogênio.

6. RESULTADOS

Os valores médios observados das características avaliadas em todos os tratamentos foram colocados no apêndice (páginas 60 e 61). Encontram-se também no apêndice os resumos da ANOVA (página 62 e 63).

6.1. Características avaliadas aos 21 DAE.

Das características avaliadas aos 21 DAE, altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa da matéria fresca de hastes (MFH), massa da matéria fresca de folha (MFF), massa da matéria fresca de raízes (MFR), massa da matéria seca de hastes (MSH), massa da matéria seca de folhas (MSF), massa da matéria seca de raízes (MSR), número de folíolos da quarta folha (NFQF), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), área foliar (AF), massa fresca da quarta folha (MFQF), massa da matéria seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de nitrogênio (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL) teor de nitrogênio na quarta folha (TN) e teor de magnésio na quarta folha (TMg), apenas houve efeito significativo de dose de Mg sobre as características AF, SPAD e TMg. As equações ajustadas e os coeficientes de determinação correspondentes estão na Tabela 6 e a representação gráfica nas figuras 12,13 e 14.

Tabela 6: Equações ajustadas e respectivos coeficientes de determinação (R^2) das características avaliadas aos 21 DAE: altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa de haste fresca (MFH), massa de folha fresca (MFF), massa de raiz fresca (MFR), massa de haste seca (MSH), massa de folhas secas (MSF), massa de raiz seca (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF), área foliar (AF), massa da quarta folha fresca (MFQF), massa da quarta folha seca (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de nitrogênio (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL), índice SPAD (SPAD), teor de N na quarta folha (TN), e teor de Mg na quarta folha (TMg) em função de doses de Mg adicionadas ao substrato que recebeu adição de N. (Exp.2).

Característica	Unidade	Equação ajustada	R^2
APL	cm	$\hat{Y} = 20,55$	-
NHA	ud/planta	$\hat{Y} = 1,3$	-
NFO	ud/planta	$\hat{Y} = 10$	-
MFH	g/planta	$\hat{Y} = 3,83$	-
MFF	g/planta	$\hat{Y} = 8,96$	-
MFR	g/planta	$\hat{Y} = 0,63$	-
MSH	g/planta	$\hat{Y} = 1,51$	-
MSF	g/planta	$\hat{Y} = 1,87$	-
MSR	g/planta	$\hat{Y} = 0,29$	-
EQF	mm	$\hat{Y} = 0,27$	-
CQF	cm	$\hat{Y} = 11,57$	-
LQF	cm	$\hat{Y} = 6,62$	-
NFQF	unidade	$\hat{Y} = 4$	-
AF	cm ²	$\hat{Y} = 20,8321 + 9,0230^{\circ\circ}D - 1,0556^{\circ\circ}D^2$	0,60
MFQF	g/planta	$\hat{Y} = 0,97$	-
MSQF	g/planta	$\hat{Y} = 0,53$	-
IN	unidade	$\hat{Y} = 3,5$	-
IBN	unidade	$\hat{Y} = 158,58$	-
ICH	unidade	$\hat{Y} = 28,84$	-
IFL	unidade	$\hat{Y} = 0,18$	-
SPAD	unidade	$\hat{Y} = 32,1526 + 5,0792^{\circ}\sqrt{D} - 1,5484^{\circ}D$	0,74
TN	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 2,25$	-
TMg	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 1,9713 + 0,1365^{**}D - 0,0098^{*}D^2$	0,98

^{**}, ^{*}, [°], ^{°°} significativo a 1, 5, 10 e 15% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t”; D = dose de Mg em g dm⁻³.

6.2. Características avaliadas na colheita.

Das características avaliadas no momento da colheita, número de tubérculos (NT), massa da matéria fresca de tubérculo (MFT) e massa da matéria seca de tubérculos (MST), houve efeito significativo de dose de Mg sobre todas. As equações ajustadas e os respectivos coeficientes de

determinação estão na Tabela 7. As representações gráficas estão nas Figuras 15,16 e 17.

Tabela 7: equações ajustadas das características NT, MFT, MST e coeficiente de determinação (R^2), em função da dose de Mg aplicada no substrato que recebeu adição de N. (Exp.2)

Característica	Unidade	Equação ajustada	R^2
NT	ud planta ⁻¹	$\hat{Y} = 8,8214 - 0,9543*D + 0,0496^{ooo}D^2$	0,95
MFT	g planta ⁻¹	$\hat{Y} = 134,42 - 8,0425^{**}D$	0,98
MST	g planta ⁻¹	$\hat{Y} = 19,0113 + 5,5704^{oo}\sqrt{D} - 2,9972^oD$	0,81

^{**}, ^{*}, ^o, ^{oo}, ^{ooo} Significativo a 1, 5, 10, 15 e 18% de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t”; D = dose de Mg em g dm⁻³.

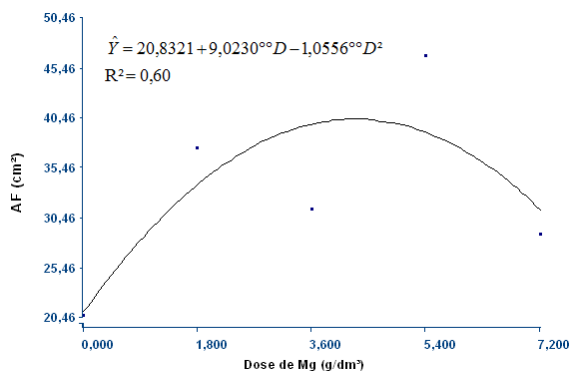


Figura 12: Relação entre a área foliar da quarta folha (AF) e doses de Mg, no substrato com adição de N, aos 21 DAE.

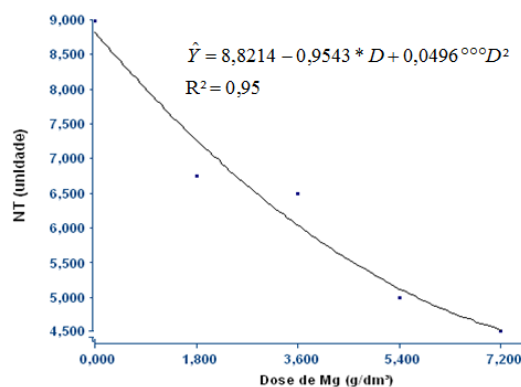


Figura 15: Relação entre número de tubérculos produzidos na colheita (NT) e doses de Mg, no substrato com adição de N.

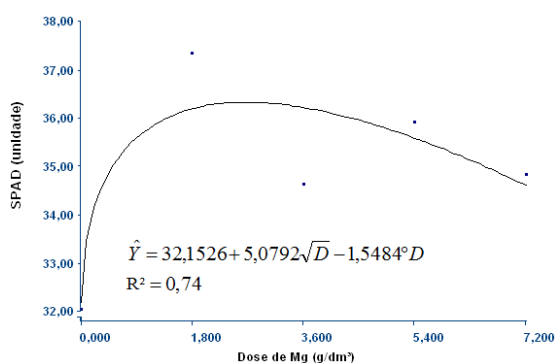


Figura 13: Relação entre o índice SPAD na quarta folha (SPAD) e doses de Mg, no substrato com adição de N, aos 21 DAE.

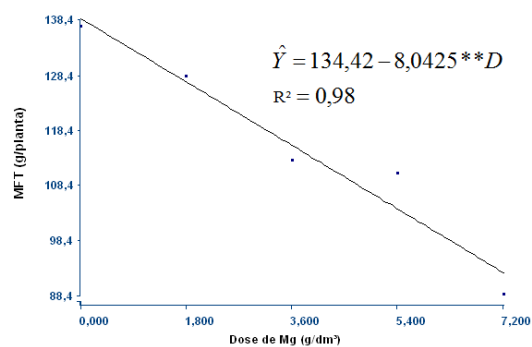


Figura 16: Relação entre e massa fresca de tubérculos produzidos na colheita (MFT) e doses de Mg, no substrato com adição de N.

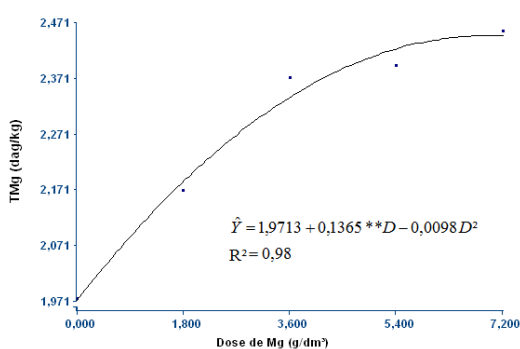


Figura 14: Relação entre o teor de Mg presente na quarta folha (TMg) e doses de Mg, no substrato com adição de N, aos 21 DAE.

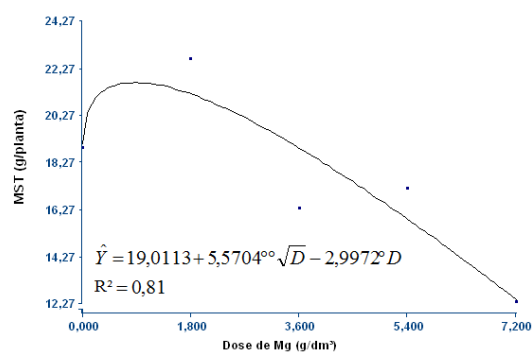


Figura 17: Relação entre a massa da matéria seca de tubérculos produzidos na colheita (MST) e doses de Mg, no substrato com adição de N.

6.3. Seleção de índices para o diagnostico do estado de magnésio da planta cultivada em substrato orgânico adubado.

As estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson entre as características determinadas na quarta folha e na planta da batateira, aos 21 DAE com o teor de Mg (TMg) estão na tabela 8. A variável altura da planta correlacionou-se significativamente com o teor de Mg, essa relação está representada na Figura 18.

Tabela 8: Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson entre as características avaliadas aos 21 DAE: altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa fresca de haste (MFH), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de haste (MSH), massa seca de folhas (MSF) massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF), área foliar da quarta folha (AF), massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL), índice SPAD (SPAD) e teor de N na quarta folha (TN) com o teor de Mg na quarta folha. (Exp.2)

Característica da planta	Teor de Mg na quarta folha	Característica da quarta folha	Teor de Mg na quarta folha
APL	-0,86*	EQF	-0,56
NHA	0,30	CQF	0,12
NFO	-0,15	LQF	0,31
MFH	-0,61	NFQF	-0,04
MFF	-0,39	AF	0,51
MFR	-0,03	MFQF	0,65
MSH	0,28	MSQF	0,76°
MSF	0,47	IN	0,04
MSR	-0,24	IBN	0,75°
		ICH	0,15
		IFL	0,06
		SPAD	0,45
		TN	0,42

*, ° significativo a 5 e 10%, de probabilidade, respectivamente, pelo teste “t”.

6.4. Seleção de índices para prognóstico da produção de tubérculos

As estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson das características determinadas na folha de referência e na planta de batata,

aos 21 DAE, com o número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculos (MFT) e massa seca de tubérculos (MST) estão na Tabela 9. Algumas relações selecionadas estão representadas nas Figuras 19 a 23.

Tabela 9: Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson entre as características avaliadas aos 21 DAE: altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa fresca de haste (MFH), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de haste (MSH), massa seca de folhas (MSF) massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF), área foliar da quarta folha (AF), massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL), índice SPAD (SPAD), teor de N na quarta folha (TN) e teor de Mg na quarta folha (TMg) com o número de tubérculos (NT), a massa de tubérculos frescos (MFT) e a massa de tubérculos secos (MST). (Exp.2).

Característica	NT	MFT	MST
Da planta			
APL	0,80*	0,92**	0,95**
NHA	-0,56	0,15	-0,33
NFO	0,06	0,17	0,54
MFH	0,54	0,60	0,31
MFF	0,33	0,38	0,11
MFR	0,07	0,02	-0,38
MSH	0,02	-0,01	-0,13
MSF	-0,61	-0,57	-0,51
MSR	0,31	0,24	-0,25
Da quarta folha			
EQF	0,47	-0,59	0,87*
CQF	-0,29	-0,03	0,50
LQF	-0,45	-0,20	0,35
NFQF	-0,45	0,19	0,35
AF	-0,60	-0,38	0,16
MFQF	-0,74°	-0,55	-0,01
MSQF	-0,84*	-0,71°	-0,31
IN	-0,03	-0,14	0,08
IBN	-0,88*	-0,74°	-0,14
ICH	-0,36	-0,15	0,50
IFL	-0,38	-0,29	0,08
SPAD	-0,58	-0,39	0,28
TN	-0,39	-0,33	-0,36
TMg	-0,94**	-0,95**	-0,68°

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

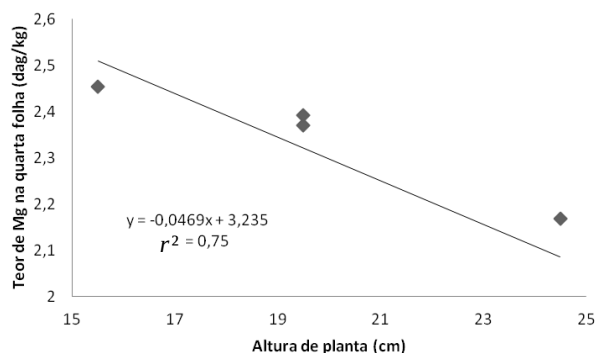


Figura 18: Relação entre o teor de Mg na quarta folha (TMg) e a altura da planta (APL), no substrato com adição de N, aos 21 dias após a emergência.

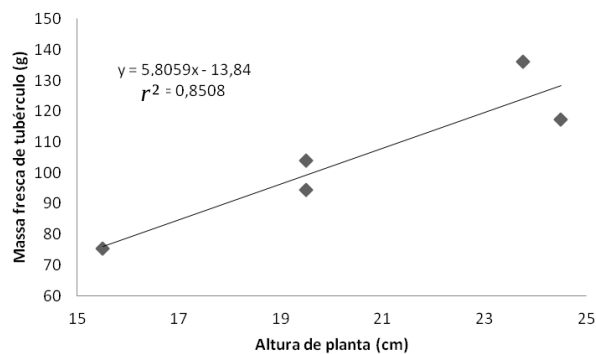


Figura 21: Equação para prognosticar a massa fresca de tubérculos (MFT) na colheita pela avaliação da altura da planta (APL), no substrato com adição de N, aos 21 DAE.

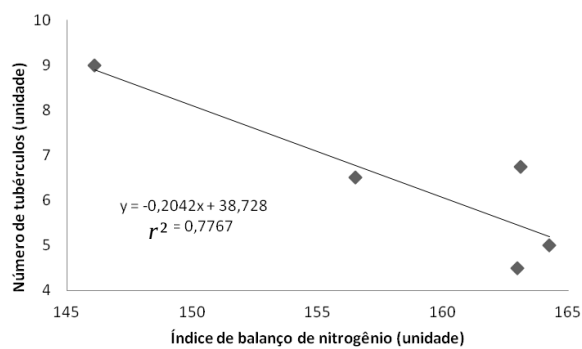


Figura 19: Equação para prognosticar o número de tubérculos (NT) na colheita pela avaliação do índice de balanço de nitrogênio (IBN), no substrato com adição de N, aos 21 DAE.

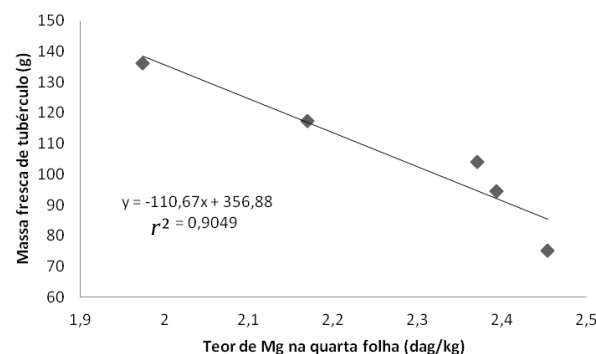


Figura 22: Equação para prognosticar a massa fresca de tubérculos (MFT) na colheita pela avaliação do teor de Mg na quarta folha (TMg), no substrato com adição de N, aos 21 DAE.

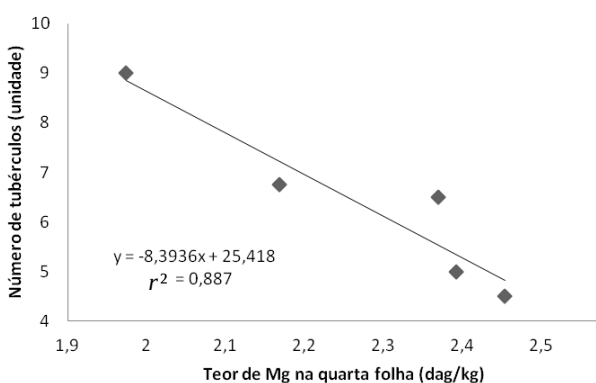


Figura 20: Equação para prognosticar o número de tubérculos (NT) na colheita pela avaliação do teor de Mg na quarta folha (TMg), no substrato com adição de N, aos 21 DAE.

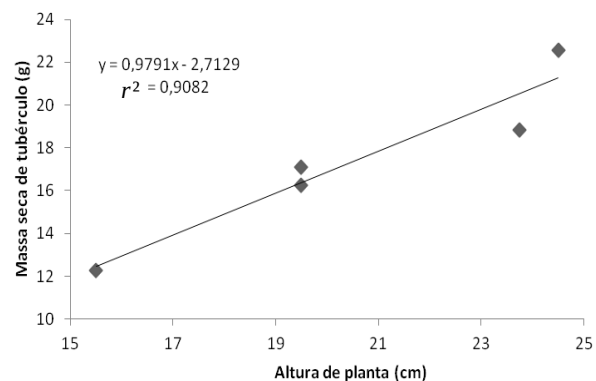


Figura 23: Equação para prognosticar a massa seca de tubérculos (MST) na colheita pela avaliação da altura da planta (APL), no substrato com adição de N, aos 21 DAE.

EXPERIMENTO 3

A INFLUÊNCIA DO MAGNÉSIO NO DESENVOLVIMENTO, PRODUTIVIDADE E ÍNDICES DE NITROGÊNIO DA BATATA SEMENTE BÁSICA, CULTIVADA EM SISTEMA HIDROPÔNICO.

7. MATERIAL E MÉTODOS

O local de realização do experimento, as avaliações realizadas nas plantas e as análises estatísticas foram semelhantes às aquelas descritas no experimento 1.

O material propagativo utilizado foi o broto, destacado de tubérculos-semente de batata, cultivar Ágata, brotado naturalmente. Os brotos com 0,5 cm de comprimento foram imersos, por dois minutos, em solução de 2% de hipoclorito de sódio; posteriormente lavados com água corrente por três vezes e secos com papel toalha, seguindo metodologia de Bryan *et al.* (1981). Os brotos foram então plantados em substrato orgânico numa bandeja de isopor e transplantados para a areia quando atingiram 10cm de altura.

7.1. Tratamentos

Os tratamentos foram cinco doses de magnésio (0,0; 0,625; 1,25; 2,5 e 5,0 mmol/L), com quatro repetições. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso. Cada vaso com uma planta constituiu uma unidade experimental. As avaliações foram realizadas aos 21 e 35 DAE e no momento da colheita.

7.2. Sistema hidropônico de três fases

O experimento foi realizado em sistema hidropônico, composto por areia lavada, argila expandida, água e gases. O sistema hidropônico implantado é do tipo fechado, ou seja, o excesso de solução nutritiva drenado diariamente volta ao reservatório principal a fim de ser rebombeado para os vasos. O sistema, em fase de patenteamento, foi usado no trabalho de Silva Filho (2011).

A areia foi lavada com água corrente, até que a água proveniente da lavagem ficasse translúcida. A argila expandida também foi lavada. Após a

secagem, colocou-se no vaso uma camada de aproximadamente 5 cm de argila expandida, uma tela de clarite e posteriormente areia lavada até completar o volume de 8 dm³ do vaso.

Os vasos foram irrigados com solução nutritiva por um sistema fechado de irrigação, automatizado com controle do tempo de irrigação feito por um temporizador programado para acionar a bomba de irrigação por um minuto nos horários programados que foram: 8:00, 8:11, 12:00, 12:11, 16:00, 16:11 e 0:00. Para coleta da solução drenada dos vasos, esses foram perfurados no fundo, ao centro. No orifício foi colocada uma mangueira de polietileno conectada ao tambor contendo solução nutritiva.

7.3. Solução nutritiva

As concentrações de macro e micronutrientes na solução nutritiva utilizada no Tratamento 3 (1,25 mmol L⁻¹) estão na Tabela 10. No Tratamento 1 utilizou-se 0,0 mmol L⁻¹ de Mg²⁺; no Tratamento 2 utilizou-se metade da dose do Tratamento 3 para Mg²⁺; no Tratamento 4 utilizou-se o dobro da dose de Mg utilizada no Tratamento 3 e no Tratamento 5 foi utilizada uma dose quatro vezes maior do que a dose de Mg utilizada no Tratamento 3.

A solução nutritiva de cada tratamento foi preparada em reservatório de 50 L utilizando água deionizada. A condutividade elétrica e o pH da solução foram aferidos diariamente. O pH foi mantido entre 5,0 e 5,5 com a adição de NaOH ou HCl na solução nutritiva. A solução nutritiva foi trocada quando a condutividade elétrica observada para pelo menos um tratamento apresentou-se inferior a 2/3 da condutividade inicial. A condutividade inicial da solução nos tratamentos 0,0; 0,625; 1,25; 2,5 e 5,0 mmol L⁻¹ foi 2,5; 2,8; 2,6; 2,4 e 2,8 mSs⁻¹, respectivamente.

Tabela 10: Concentração de macro e micronutrientes na solução nutritiva utilizada no Tratamento 3.

Macronutriente	mmol L ⁻¹	Micronutriente	μmol L ⁻¹
NO ₃ ⁻	11,7	MnSO ₄ .H ₂ O	12,6
NH ₄ ⁺	1,3	H ₃ BO ₃	46
H ₂ PO ₄ ⁻	1,5	ZnSO ₄ .7H ₂ O	1,3
K ⁺	6,5	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	0,1
Ca ²⁺	4,0	CuSO ₄ .5H ₂ O	0,3
Mg ²⁺	1,25	Fe EDTA	80
SO ₄ ²⁻	2,0		

7.4 AVALIAÇÕES:

As características avaliadas aos 21 DAE foram as mesmas descritas no experimento 1. Adicionalmente, aos 35 DAE foram avaliadas características altura de planta (APL), número de folhas (NFO), número de hastes (NHA), índice SPAD (SPAD), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH) e índice de flavonóis (IFL). A metodologia usada nas avaliações aos 35 DAE foi idêntica àquela utilizada aos 21 DAE.

8. RESULTADOS

Os valores médios observados das características avaliadas aos 21 DAE foram colocados no apêndice (páginas 63 e 64). Encontram-se também no apêndice os resumos da ANOVA (página 64 e 65). Para as características avaliadas aos 35 DAE os valores médios e os resumos da ANOVA encontram-se na página 66.

8.1. Aos 21 DAE.

Das características avaliadas aos 21 DAE, altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa fresca de hastes (MFH), massa fresca de folha (MFF), massa fresca de raízes (MFR), massa seca de hastes (MSH), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raízes (MSR), número de folíolos da quarta folha (NFQF), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), área foliar (AF), massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha

(MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de nitrogênio (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL) teor de nitrogênio na quarta folha (TN) e teor de magnésio na quarta folha (TMg), houve efeito significativo de dose de Mg sobre ICH, IFL e TMg, aos 21 DAE. As equações ajustadas estão representadas na Tabela 12 e as representações gráficas nas Figuras 24, 25 e 26. Também houve efeito significativo de dose de Mg sobre as variáveis SPAD, IBN e ICH avaliadas aos 35 DAE (Tabela 11, Figuras 27, 28 e 29).

Tabela 11: Equações ajustadas e respectivos coeficientes de determinação (R²) das características avaliadas aos 21 DAE: altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa de haste fresca (MFH), massa de folha fresca (MFF), massa de raiz fresca (MFR), massa de haste seca (MSH), massa de folhas secas (MSF), massa de raiz seca (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF), área foliar (AF), massa da quarta folha fresca (MFQF), massa da quarta folha seca (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de nitrogênio (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL), índice SPAD (SPAD), teor de N na quarta folha (TN), e teor de Mg na quarta folha (TMg) em função de doses de Mg aplicadas via solução nutritiva.

Característica	Unidade	Equação ajustada	R ²
APL	cm	$\hat{Y} = 33,15$	-
NHA	ud/planta	$\hat{Y} = 1,3$	-
NFO	ud/planta	$\hat{Y} = 10,5$	-
MFH	g/planta	$\hat{Y} = 7,85$	-
MFF	g/planta	$\hat{Y} = 11,06$	-
MFR	g/planta	$\hat{Y} = 1,43$	-
MSH	g/planta	$\hat{Y} = 2,34$	-
MSF	g/planta	$\hat{Y} = 2,54$	-
MSR	g/planta	$\hat{Y} = 0,68$	-
EQF	mm	$\hat{Y} = 0,24$	-
CQF	cm	$\hat{Y} = 16,05$	-
LQF	cm	$\hat{Y} = 8,04$	-
NFQF	unidade	$\hat{Y} = 6,0$	-
AF	cm ²	$\hat{Y} = 58,19$	-
MFQF	g/planta	$\hat{Y} = 1,8$	-
MSQF	g/planta	$\hat{Y} = 0,99$	-
IN	unidade	$\hat{Y} = 3,5$	-
IBN	unidade	$\hat{Y} = 134,25$	-
ICH	unidade	$\hat{Y} = 24,77 + 1,9944^{\circ\circ}\sqrt{D} - 0,6377^{\circ\circ}D$	0,68
IFL	unidade	$\hat{Y} = 0,1888 + 0,0103^{**}D - 0,0016^{\circ}D^2$	0,95
SPAD	unidade	$\hat{Y} = 33,75$	-
TN	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 2,48$	-
TMg	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,6093 + 0,7585^{\circ}\sqrt{D} - 0,2606^{\circ\circ}D$	0,72

^{**}, ^{*}, [°], e ^{°°} Significativos a 1 e 5, 10 e 15% de probabilidade respectivamente, pelo teste “t”. D = dose de Mg, expressa em mmol/L.

8.2. Aos 35 DAE

Das características avaliadas aos 35 DAE, altura de planta (APL), número de folhas (NFO), número de hastes (NHA), índice SPAD (SPAD), índice de balanço de nitrogênio (IBN), de clorofila (ICH) e de flavonóis (IFL), houve efeito significativo de dose de Mg sobre SPAD, IBN e ICH (Tabela 12).

Tabela 12: Equações ajustadas das características altura de planta (APL), número de folhas (NFO), número de hastes (NHA), índice SPAD (SPAD), índice de balanço de nitrogênio (IBN), de clorofila (ICH) e de flavonóis (IFL) e coeficiente de determinação (R^2), aos 35 DAE em função das doses de Mg aplicadas via solução nutritiva.

Característica	Unidade	Equação ajustada	R^2
APL	cm	$\hat{Y} = 47,20$	-
NFO	ud/planta	$\hat{Y} = 15,35$	-
NHA	ud/planta	$\hat{Y} = 1$	-
SPAD	unidade	$\hat{Y} = 25,4777 + 14,0333\sqrt{D} - 4,3322D$	0,91
IBN	unidade	$\hat{Y} = 73,3279 + 65,8532\sqrt{D} - 22,3900D$	0,97
ICH	unidade	$\hat{Y} = 18,4071 + 12,1043\sqrt{D} - 3,7458D$	0,85
IFL	unidade	$\hat{Y} = 0,24$	-

** , * e ° significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade respectivamente, pelo teste “t”. D = dose de Mg, expressa em mmol/L.

8.3. Na colheita

Das características avaliadas na colheita: número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculo (MFT) e massa seca de tubérculos (MST), houve efeito significativo de dose sobre todas. Os modelos para a relação entre dose de Mg e as características descritas estão na Tabela 13 e a representação gráfica nas Figuras 30, 31 e 32.

Tabela 13: Equações ajustadas das características massa da matéria fresca de tubérculo (MFT), massa da matéria seca de tubérculo (MST) e número de tubérculos (NT) e coeficiente de determinação (R^2); em função das doses de Mg aplicadas via solução nutritiva.

Característica	Unidade	Equação ajustada	R^2
NT	ud/planta	$\hat{Y} = 4,0636 + 3,6304\sqrt{D} - 1,8512D$	0,71
MFT	g/planta	$\hat{Y} = 105,26 + 286,99\sqrt{D} - 98,36D$	0,95
MST	g/planta	$\hat{Y} = 13,025 + 54,15\sqrt{D} - 18,27D$	0,92

** , * , ° e °° significativo a 1, 5, 10 e 15%, de probabilidade respectivamente, pelo teste “t”. D = dose de Mg, expressa em mmol/L.

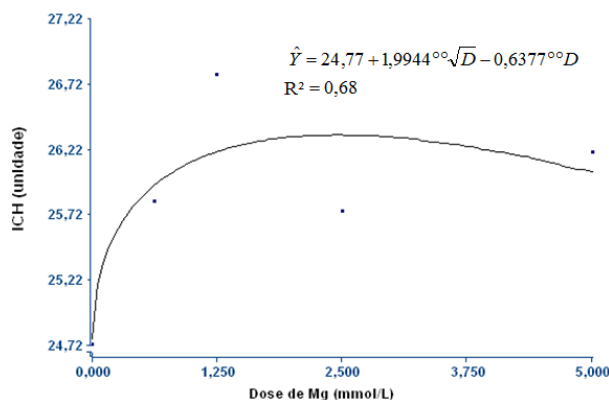


Figura 24: Relação entre o índice de clorofila (ICH) e doses de Mg, em solução nutritiva, aos 21 DAE.

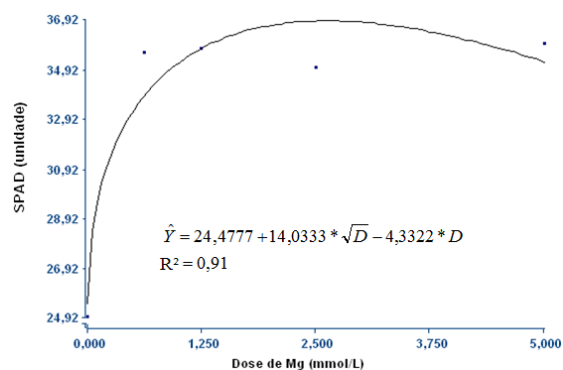


Figura 27: Relação entre o índice SPAD na folha de referência e doses de Mg, em solução nutritiva, aos 35 DAE.

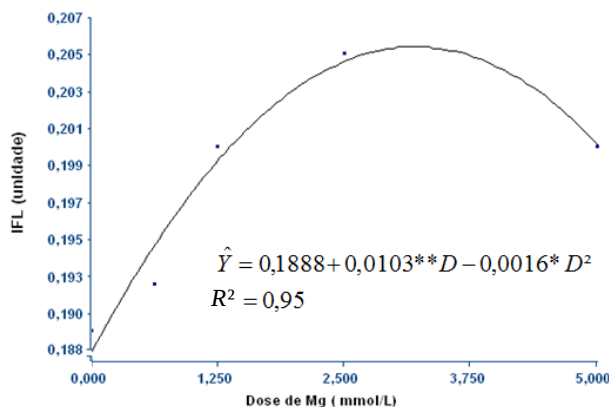


Figura 25: Relação entre índice de flavonóis (IFL) e doses de Mg, em solução nutritiva, aos 21 DAE.

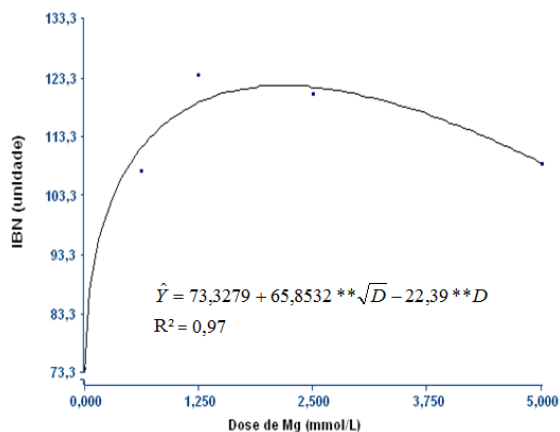


Figura 28: Relação entre o índice de balanço de nitrogênio (IBN) na quarta folha e doses de Mg em solução nutritiva, aos 35 DAE.

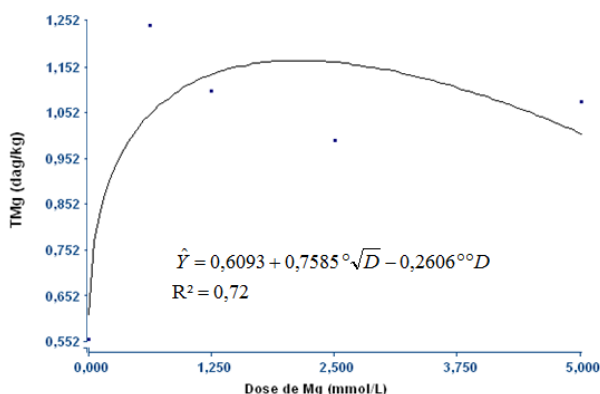


Figura 26: Relação entre o teor de Mg presente na quarta folha e doses de Mg, em solução nutritiva, aos 21 DAE.

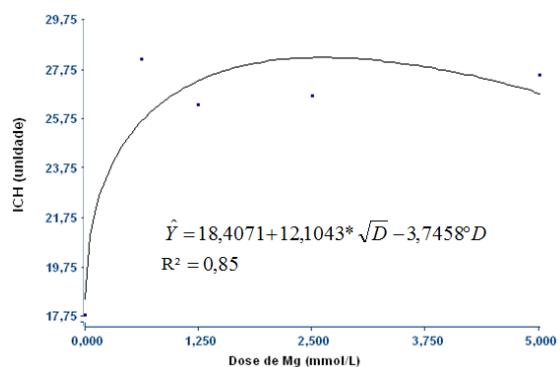


Figura 29: Relação entre o índice de clorofila (ICH) na quarta folha e doses de Mg, em solução nutritiva, e aos 35 DAE.

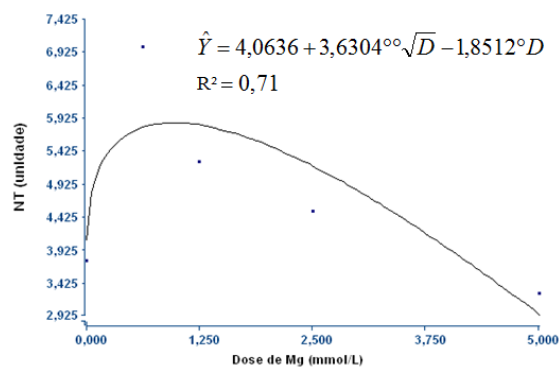


Figura 30: Relação entre o número de tubérculos produzidos na colheita (NT) e doses de Mg.

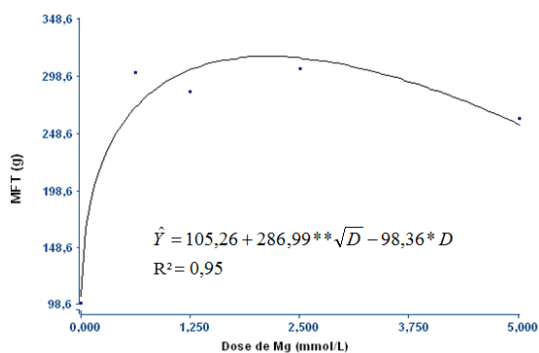


Figura 31: Relação entre a massa fresca de tubérculos produzidos na colheita (MFT) e doses de Mg.

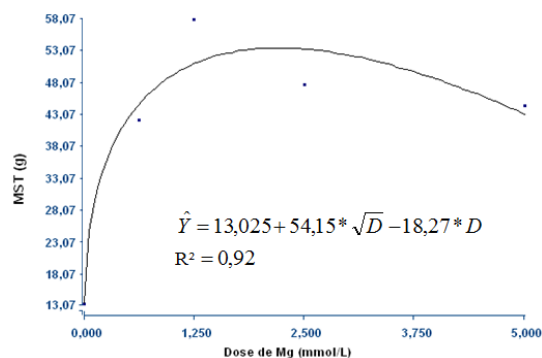


Figura 32: Relação entre a massa seca de tubérculos produzidos na colheita (MST) e doses de Mg.

8.4. Seleção de índices para o diagnostico do estado de magnésio da planta cultivada em hidroponia.

As estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson entre as características determinadas na quarta folha e na planta da batateira, aos 21 e 35 DAE com o teor de Mg (TMg) estão nas tabelas 14 e 15. Duas relações foram selecionadas e estão representadas nas figuras 33 e 34.

Tabela 14: Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson entre as características avaliadas aos 21 DAE: altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa fresca de haste (MFH), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de haste (MSH), massa seca de folhas (MSF) massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF), área foliar da quarta folha (AF), massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL), índice SPAD (SPAD) e teor de N na quarta folha (TN) com o teor de Mg na quarta folha (TMg).

Característica da planta	Teor de Mg na quarta folha	Característica da quarta folha	Teor de Mg na quarta folha
APL	-0,95**	EQF	-0,81*
NHA	0,12	CQF	-0,19
NFO	0,55	LQF	-0,32
MFH	-0,48	NFQF	0,36
MFF	-0,80*	AF	0,54
MFR	-0,95**	MFQF	0,10
MSH	-0,27	MSQF	-0,11
MSF	-0,96*	IN	0,39
MSR	-0,93**	IBN	-0,73°
		ICH	0,78°
		IFL	0,39
		SPAD	-0,28
		TN	0,27

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

Tabela 15: Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson entre as características avaliadas aos 35 DAE, altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis e índice SPAD (SPAD) com o teor de Mg na quarta folha (TMg) em função de doses de Mg aplicadas via solução nutritiva.

Característica	Teor de Mg na folha referência
Da planta	
APL	-0,40
NHA	-0,51
NFO	-0,39
Da quarta folha	
IBN	0,80*
ICH	0,96**
IFL	0,25
SPAD	0,94**

**, * significativo a 1 e 5% de probabilidade,
respectivamente, pelo teste “t”

8.5. Seleção de índices para prognóstico da produção de tubérculos

As estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson das características determinadas na folha de referência e na planta de batata, aos 21 e 35 DAE, com o número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculos (MFT) e massa seca de tubérculos (MST) estão na Tabela 16 e 17. Algumas relações selecionadas estão representadas nas Figuras 35 a 38.

Tabela 16: Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson entre as características avaliadas aos 21 DAE: altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa fresca de haste (MFH), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de haste (MSH), massa seca de folhas (MSF) massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF), área foliar da quarta folha (AF), massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL), índice SPAD (SPAD), teor de N na quarta folha (TN) e teor de Mg na quarta folha (TMg) com o número de tubérculos (NT), a massa de tubérculos frescos (MFT) e a massa de tubérculos secos (MST), em função de doses de Mg aplicadas via solução nutritiva.

Característica	NT	MFT	MST
Da planta			
APL	-0,61	-0,97**	-0,93**
NHA	0,21	0,26	0,23
NFO	-0,17	0,70°	0,58
MFH	-0,61	-0,68	-0,61
MFF	0,91**	0,69	0,64
MFR	0,75°	0,80*	0,70°
MSH	-0,38	-0,51	-0,60
MSF	0,75°	0,82*	0,73°
MSR	-0,82*	-0,88*	-0,71°
Da quarta folha			
EQF	-0,07	-0,71°	-0,77°
CQF	-0,49	-0,44	-0,40
LQF	-0,48	-0,58	-0,46
NFQF	-0,29	0,18	0,12
AF	0,15	0,24	0,15
MFQF	-0,31	-0,15	-0,20
MSQF	0,00	-0,46	-0,50
IN	0,37	0,20	-0,15
IBN	-0,24	-0,87*	-0,65
ICH	0,23	0,76°	0,94**
IFL	-0,22	0,66	0,74°
SPAD	-0,45	-0,22	0,19
TN	0,22	0,19	0,53
TMg	0,60	0,92**	0,83°

**, * e ° significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste

"t"

Tabela 17: Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson entre as características avaliadas aos 35 DAE, altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis e índice SPAD (SPAD) com o número de tubérculos (NT), a massa fresca (MFT) e a massa seca de tubérculos (MST), em função de doses de Mg aplicadas via solução nutritiva.

Característica	NT	MFT	MST
Da planta			
APL	0,20	-0,10	-0,22
NHA	-0,86*	-0,25	-0,56
NFO	-0,05	-0,15	-0,49
Da quarta folha			
IBN	0,31	0,98**	0,93**
ICH	0,43	0,86*	0,96**
IFL	0,26	-0,29	-0,02
SPAD	0,37	0,93**	0,96**

**, * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste "t"

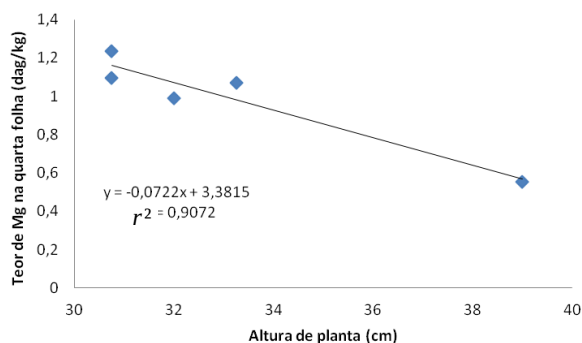


Figura 33: Relação entre o teor de Mg na quarta folha (TMg) e a altura da planta (APL), aos 21 DAE.

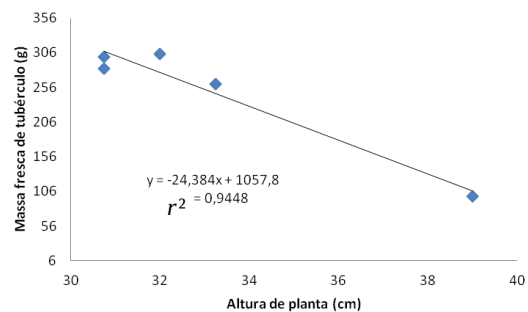


Figura 36: Equação para prognosticar a massa fresca de tubérculos (MFT) na colheita pela avaliação da massa fresca da folha (MFF) aos 21 DAE.

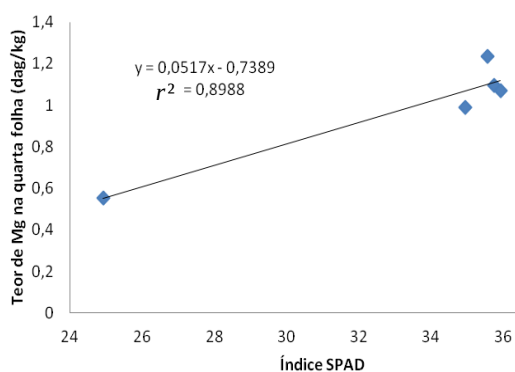


Figura 34: Relação entre o teor de Mg na quarta folha (TMg) aos 21 DAE e o índice SPAD na quarta folha aos 35 DAE.

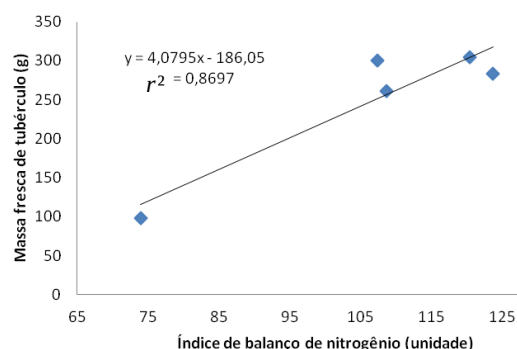


Figura 37: Equação para prognosticar a massa fresca de tubérculos (MFT) na colheita pela avaliação do índice de balanço de N (IBN) aos 35 DAE.

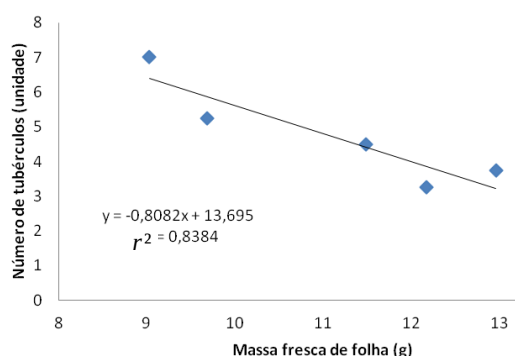


Figura 35: Equação para prognosticar o número de tubérculos (NT) na colheita pela avaliação da massa fresca da folha (MFF) aos 21 DAE.

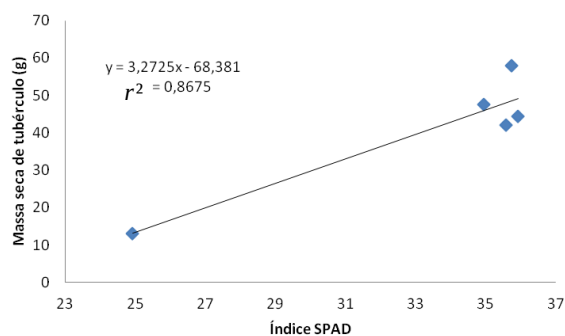


Figura 38: Equação para prognosticar a massa seca de tubérculos (MST) na colheita pela avaliação do índice SPAD aos 35 DAE.

9. DISCUSSÃO

Não foram observados sintomas de deficiência ou de excesso de Mg na batateira, nos experimentos 1 e 2 onde a mesma foi cultivada em substrato orgânico Tropstrato®. No experimento 3, o substrato utilizado foi areia lavada e observou-se aos 40 DAE a presença de *alternaria* em todas as plantas cultivadas na ausência de Mg. Sintomas de excesso do nutriente não foram visivelmente percebidos, mas houve efeito negativo de dose de Mg sobre algumas características, embora não consistente nos três experimentos.

Os sintomas clássicos de deficiência de Mg são clorose entre as nervuras, formação de “v” invertido em relação ao pecíolo, formação de frutos pequenos e queda de folhas. Plantas deficientes em Mg são mais suscetíveis à *Alternaria solani*, fungo de solo causador da Pinta Preta da Batata. Esta, juntamente com a Requeima, é uma das principais doenças da cultura da batata, sendo maior sua incidência em períodos de grande amplitude térmica. Os sintomas da Pinta Preta da Batata iniciam-se normalmente pelas folhas mais velhas e baixas da planta onde surgem pequenas manchas escuras normalmente circundadas por halos cloróticos. À medida que a lesão cresce, formam-se anéis concêntricos bastante característicos da doença (Souza Dias & lamauti, 1997).

O Mg é um regulador de processos fisiológicos que influenciam a suscetibilidade ou resistência de doenças de plantas. Esse macronutriente é um componente estrutural da lamela média e da molécula de clorofila, também é necessário na manutenção da estrutura do ribossomo, está associado ainda ao crescimento celular, à mitose, a elevados níveis de proteínas ao metabolismo dos carboidratos e à fosforilação oxidativa. Encontra-se envolvido em reações de transferência de energia, respiração e síntese de ácidos nucleicos (Marschner, 1995). Todos esses processos estão envolvidos na resposta da planta a determinada doença (Horsfall & Cowling, 1980). A deficiência de Mg durante o crescimento da planta reduz a integridade estrutural da lamela média e a produção de energia necessária para as funções de defesa e inativação de metabólitos patogênicos.

Entretanto, o Mg é um dos macronutrientes, juntamente com o S, menos requeridos pela cultura da batata (Paula *et al.*, 1986), mas é necessário que seja disponibilizado em quantidade adequada para que se obtenha elevada

produtividade da cultura. É recomendado que o substrato contenha no mínimo 8,0 mmol_c dm⁻³ de Mg (Fernandes *et al.*, 2011). O substrato utilizado na condução dos experimentos 1 e 2, o Tropstrato, é um substrato orgânico enriquecido com macro e micronutrientes, cuja análise revelou 13 mmol_c dm⁻³ de Mg. Logo, a quantidade de Mg presente no substrato foi suficiente para o desenvolvimento da planta, mesmo adubada com diferentes níveis desse nutriente.

Mesmo em hidroponia, não houve efeito de dose de Mg sobre as variáveis do crescimento, APL, NFO, NHA, medidas aos 21 e 35 DAE. Provavelmente, o Mg contido no broto, e possível redistribuição, foi suficiente para suprir a necessidade inicial das plantas. Mas, já aos 21 DAE, as plantas começaram a apresentar clorose (medida pelo ICH) e aos 35 DAE (medida pelo SPAD, IBN e ICH). Foi evidenciado por Boaro (1996) que baixos níveis de Mg são capazes de manter o desenvolvimento adequando do feijoeiro devido à reserva de nutrientes que este possui na semente, fato semelhante pode acontecer com batata utilizando como material propagativo tubérculo semente ou mesmo broto.

Exceto o teor de Mg na matéria seca da quarta folha (TMg), nenhum outro índice quantificado aos 21 DAE apresentou resposta à dose de Mg nos três experimentos. As doses que proporcionaram a maior produção de tubérculos, em unidade por planta, nos experimentos 1, 2 e 3 foram, respectivamente, 7,2; 0,0g dm⁻³ de MgSO₄ e 0,96 mmol L⁻¹ de Mg²⁺. Com essas doses, os teores de Mg na matéria seca da quarta folha aos 21 DAE foram 2,39; 1,97 e 1,10 dag kg⁻¹, respectivamente.

Aos 21 DAE, houve aumento do teor de Mg na quarta folha com o incremento das doses de Mg nas plantas cultivadas em substrato orgânico. Nos experimentos 1 e 2, o teor de Mg presente na quarta folha aos 21 DAE, seguiu um modelo quadrático caracterizado pelo aumento no teor do nutriente no tecido com o aumento na dose de Mg. Comportamento semelhante foi observado por Moreira (2008) ao utilizar minitubérculo e broto como material propagativo. No cultivo em hidroponia, utilizando broto como material propagativo, o teor de Mg na quarta folha teve seu ponto máximo observado com a dose 2,10 mmol L⁻¹ de Mg. O excesso de Mg²⁺ em solução pode ter comprometido a absorção do nutriente pelas raízes da batateira.

A absorção de Mg pelas raízes depende de diversos fatores como a concentração do íon na solução do solo e a eficiência das raízes na absorção de

Mg, que está intimamente ligada ao crescimento e desenvolvimento da planta que são influenciados por diversos fatores, principalmente manejo, disponibilidade de água, intensidade de transpiração, temperatura, intensidade luminosa, volume de substrato disponível para as raízes, entre outros. A absorção, o transporte, a assimilação e o acúmulo dos nutrientes são partes integrantes desta complexa organização. Assim, há interdependência entre a taxa de crescimento da cultura e a taxa de acúmulo de um nutriente (Fontes, 2001).

Assumindo que os 22 índices determinados aos 21 DAE, exceto TMg, sejam índices avaliadores do estado de nitrogênio da planta, observa-se que a influência de dose de Mg sobre os índices para diagnóstico do estado de N da planta depende do substrato.

Em substrato orgânico sem adição N foram ajustados modelos às variáveis EQF, IBN e TN, aos 21 DAE. As equações resposta destes índices às doses de Mg apresentaram ponto de máximo em 0,38 mm; 150,5 ud e 2,50 dag kg⁻¹ para as doses 3,79; 1,66; 5,66 g dm⁻³ de Mg, respectivamente. Semelhantemente, na cultura do arroz, a aplicação de adubação magnésiana aumenta significativamente a absorção e recuperação do fertilizante nitrogenado (Choudhury & Khanif, 2001).

Em substrato orgânico com adição N foram ajustados modelos às características AF e SPAD em relação às doses de Mg. Os índices AF e SPAD tiveram ponto de máximo em 40,11cm² e 36,31 ud para as doses 4,27 e 2,69 g dm⁻³ de Mg, respectivamente. O resultado encontrado para área foliar difere do observado para plantas de feijão, onde as plantas cultivadas em baixos níveis de Mg apresentaram maior área foliar como adaptação ao baixo nível do nutriente em solução (Boaro *et al.*, 1996). Em trabalho realizado com capim Tanzânia verificou-se comportamento exponencial para as curvas de área foliar onde apenas doses muito baixas de Mg não foram suficientes para que a planta se desenvolvesse normalmente (Consolmagno Neto, 2007).

No cultivo em hidroponia, ajustou-se um modelo para as características ICH e IFL, aos 21 DAE, e também para as características SPAD, IBN E ICH, aos 35 DAE. As equações resposta dos índices ICH e IFL, avaliados 21 DAE, apresentaram ponto de máximo em 26,20 e 0,205 ud, para as doses 1,25 e 3,21 mmol L⁻¹ de Mg, respectivamente. Aos 35 DAE, os modelos ajustados aos índices

SPAD, IBN e ICH apresentaram ponto de máximo em 35,79; 118,67 e 27,29 ud para as doses 1,27; 1,21 e 1,27 mmol L⁻¹, respectivamente.

Altura da planta, número de hastes, número de folhas, matérias frescas e secas dos órgãos (haste, folha e raiz) avaliadas aos 21 DAE, não foram influenciadas significativamente por dose de Mg, em nenhum dos três experimentos. Isto é, a disponibilidade de Mg, aos 21 DAE, não foi insuficiente ou excessiva para o desenvolvimento da planta. Somente houve coleta ou amostragem destrutiva da planta aos 21 DAE. Talvez em fase mais avançada do ciclo os efeitos de dose de Mg pudessem ser diferentes.

No experimento em substrato orgânico sem adição de N, doses de Mg tiveram efeito positivo e linear sobre o número de tubérculos que variou de 5,15 a 9,15 tubérculos por planta, para as doses 0,0 e 7,2 g dm⁻³ de MgSO₄, respectivamente. Por outro lado não houve efeito de doses de Mg sobre as massas das matérias fresca e seca dos mesmos que alcançaram o valor médio de 101,13 e 14,19 g/planta, respectivamente.

No experimento em substrato orgânico com adição N foram ajustados modelos às variáveis indicadoras de produção NT, MFT e MST, havendo efeito negativo da dose de Mg sobre as duas primeiras variáveis. O número de tubérculos produzidos variou de forma quadrática de 8,82 a 4,52 unidades por planta, para as doses 0,0 e 7,2 g dm⁻³ de MgSO₄, enquanto a massa fresca de tubérculos variou linearmente 134,42 a 76,51 g/planta. Em substrato orgânico com adição N o incremento nas doses de Mg diminui a produção de batata semente básica (NT e MFT).

Utilizando substrato orgânico de outra marca comercial, Moreira (2008) observou aumento no número de tubérculos com o aumento nas doses de sulfato de magnésio, independente do material de propagação. Sendo 9,8 e 3,4 o número máximo de tubérculos produzidos ao utilizar minitubérculo e broto como material de propagação, respectivamente. Assim como aconteceu no experimento em substrato orgânico não adubado com N, não houve efeito de dose de Mg sobre as massas das matérias fresca e seca de tubérculos cultivados em ambiente protegido (Moreira, 2008) e em condições de campo (Allison *et al.*, 2001).

A aplicação do sulfato de magnésio, cujo nome comum é sal de Epsom e fórmula MgSO₄.7H₂O, pode ou não influenciar positivamente determinadas

características da planta incluindo-se a produção (Costa *et al.*, 2010). No caso do experimento em substrato orgânico com a adição de N, houve marcado excesso de MgSO_4 , principalmente nas maiores doses avaliadas resultando em menor valor de NT, MFT e MST.

É pouco comum o relato de efeito negativo do sulfato de magnésio sobre as plantas. Assim, é relatado a redução da espessura da polpa e o diâmetro de frutos de melão (Costa *et al.*, 2010); decréscimo nos teores de determinados nutrientes (Ca, Mg, S, Fe e K) nas folhas de porta enxertos de citrus (Marini *et al.*, 2005); de K em folhas e tubérculos de batata, sem afetar a produção (Laughlin *et al.*, 1966); redução na área foliar de feijão e soja (Boaro *et al.*, 1996; Nascimento *et al.*, 2009) e decréscimo na produção de milho (Rheinheimer *et al.*, 2005). Há várias razões para haver poucos relatos de efeitos negativos do sulfato de magnésio.

Quase sempre, a resposta obtida, em experimento adequadamente delineado, é uma curva do tipo quadrática, isto é, tanto a falta quanto o excesso de Mg^{2+} e SO_4^{2-} são prejudiciais às plantas. Em solução nutritiva, Silva *et al.* (2002) mostraram que o excesso de sulfatos (K, NH_4 e Mg) induziu as plantas de soja a absorverem grande quantidade de enxofre, parte concentrando-se nas folhas, caracterizando um consumo de luxo, e grande parte acumulando-se ou precipitando-se na superfície das raízes como sulfato de cálcio. O excesso de S propicia o aparecimento de resultados deletérios nas plantas como injúrias nas folhas de batata com decréscimo da área foliar e com interferência na partição de fotoassimilados das folhas para outros órgãos da planta (Petitte & Ormrod, 1988). Porém, os resultados obtidos com aplicação de S, CaSO_4 e MgSO_4 podem levar a resultados diversos.

No experimento em hidroponia, as variáveis NT, MFT e MST foram influenciadas pelas doses de Mg^{2+} em solução, as equações resposta para as variáveis tiveram ponto de máximo em 5,84 ud/planta; 314,60 e 53,37 g para as doses 0,96; 2,12 e 2,20 mmol L^{-1} , respectivamente. A dose 0,0 mmol L^{-1} propiciou a menor produção de tubérculos em massa de matéria fresca e seca. Ao avaliar o efeito da aplicação de Mg em solos deficientes nesse nutriente, em Long Island, observou-se diferença na produção de tubérculos (kg ha^{-1}) quando se comparou a testemunha (dose 0,0 de Mg) com os demais níveis, entretanto, não houve diferença significativa entre os níveis (Sawyer & Dallyn, 1966).

Os índices de produção NT, MFT e MST em hidroponia seguiram modelos raiz quadrada, indicando que tanto a falta quanto o excesso de magnésio

reduzem a produtividade da batateira. O efeito do magnésio absorvido sobre a produção de tubérculos pela planta de batata relaciona-se com a fotossíntese e a partição de fotoassimilados, outros fatores como temperatura, fotoperíodo, disponibilidade de nutrientes e combinações hormonais tem efeito sobre o processo de tuberização da batata (Jackson,1999).

9.1. Seleção de índices para diagnostico do estado de magnésio da planta de batata

O índice utilizado no diagnostico do estado de Mg da planta de batata dependeu do substrato e da aplicação extra de nitrogênio. No experimento com substrato orgânico, sem adição de adubo nitrogenado, a única característica que se correlacionou significativamente com o teor de Mg na quarta folha aos 21 DAE foi o TN. No experimento utilizando o mesmo substrato orgânico com a adição de N, os índices que correlacionaram-se com TMg foram APL, MSQF e IBN. A correlação entre APL e TMg foi negativa, indicando que a baixa disponibilidade de Mg acarreta em maior crescimento da planta em altura. Plantas cultivada em desequilíbrio nutricional costumam estiolar tentando compensar a deficiência com maior captação de luz (Boaro *et al.*, 1996).

No experimento em hidroponia, substrato inerte, houve correlação positiva e significativa entre o ICH e o TMg, aos 21 DAE. Houve ainda correlação negativa significativa entre o teor de Mg na quarta folha e as variáveis APL, MFF, MFR, MSF, MSR, EQF e IBN aos 21 DAE, indicando que a ausência de magnésio em solução pode causar o estiolamento da planta com forma de adaptação à deficiência nutricional. Aos 35 DAE, houve correlação positiva e significativa entre o teor de Mg presente na quarta folha e as variáveis, relacionadas ao verde da folha, SPAD, IBN e ICH.

O SPAD e o Dualex podem ser utilizados para a diagnose do estado de Mg em plantas de batata cultivadas em hidroponia, em avaliações realizadas aos 35 DAE. Os mesmos são utilizados na diagnose do estado de N em plantas de batata, aos 21 DAE (Coelho, 2011).

9.2. Seleção de índices para prognóstico da produção de batata semente

É possível quantificar a produtividade de batata semente da categoria básica pelo número e matéria fresca de tubérculos. Em condições experimentais também é comum avaliar a massa da matéria seca dos mesmos.

Não foi observado nenhum índice comum aos três experimentos, capaz de prognosticar a produção de tubérculos em unidade planta⁻¹. No Experimento 1, o número de tubérculos pode ser prognosticado aos 21 DAE pelas variáveis TN e TMg. No experimento 2, o número de tubérculos obtido na colheita correlacionou-se positivamente com a variável APL e negativamente com as variáveis MFQF, MSQF, IBN e TMg. Não foi observado por Milagres (2011), nenhum índice, semelhante aos avaliados aos 21 DAE, capaz de prognosticar a produção de batata semente básica, cultivar Ágata, em substrato orgânico.

E no experimento 3 o número de tubérculos produzidos correlacionou-se de forma positiva e significativa com as variáveis MFF, MFR, e MSF avaliadas aos 21 DAE. O NT apresentou ainda correlação negativa com a MSR avaliada aos 21 DAE e com o NHA avaliado aos 35 DAE. Foram selecionadas, por Silva Filho (2011), como índices de prognóstico da produção de batata semente básica em hidroponia, aos 21 DAE, as características AF, NFQF, MSQF, MSR e SPAD.

O índice altura de planta (APL) foi o único capaz de prognosticar a produção de batata em matéria fresca e matéria seca de tubérculo por planta nos três experimentos, aos 21 DAE. Entretanto a correlação entre APL e TMg no experimento em substrato orgânico adubado com N foi positiva, enquanto para os outros dois experimentos a correlação foi negativa. Milagres (2011) também observou que a característica APL pode prognosticar a produção de batata semente básica em MFT, aos 21 DAE.

No experimento 1, a MFT pode ser prognosticada pelas variáveis APL, CQF, LQF, AF, MFQF, MSQF, SPAD e TN. Também a MST pode ser prognosticada com a avaliação dos índices APL, MFH, MSH, LQF, NFQF, MFQF, MSQF, IN, IBN e SPAD.

No experimento 2, a MFT pode ser prognosticada pelas variáveis APL, MSQF, IBN, e TMg. A variável APL correlacionou-se positivamente com a MFT, para as demais variáveis a correlação foi negativa. Também a MST pode ser prognosticada com a avaliação dos índices APL, EQF e TMg. A correlação entre a MST e a APL e EQF foi positiva enquanto com TMg foi negativa. Os índices NT,

MFT e MST, todos correlacionaram-se significativamente e positivamente com a APL, logo, a APL é uma boa característica biométrica para ser usada no prognóstico da produção de batata semente em substrato orgânico adubado com N. Em contrapartida o TMg correlacionou-se negativamente com os três índices de produtividade, indicando uma relação inversa entre o teor de Mg e produtividade de batata semente básica em substrato orgânico com adição de N. Como o Mg foi fornecido na forma de MgSO_4 e excesso de S também pode ter contribuído para o decréscimo na produção.

Em hidroponia, houve correlação significativa entre a MFT e as características APL, NFO, MFR, MSF, MSR, EQF, IBN, ICH e TMg, aos 21 DAE. Em hidroponia, Silva Filho (2011) selecionou como índices de prognóstico da produção de batata semente, em MFT, as características AF, NFQF, MSQF, MSH e MSR. Da mesma forma a MST também pode ser prognosticada com as variáveis APL, MFR, MSF, MSR, EQF, ICH, IFL e TMg avaliadas aos 21 DAE. Aos 35 DAE houve correlação positiva e significativa entre as massas da matéria seca e fresca dos tubérculos com as variáveis IBN, ICH e SPAD. Os índices relacionados podem ser usados no prognóstico da produção expressa em massa por planta.

O prognóstico da produção baseado em avaliações precoces das características biométricas da planta pode ser útil para o planejamento da colheita e comercialização dos tubérculos produzidos.

10. CONCLUSÕES

- Não é possível perceber visualmente, sintomas de deficiência de magnésio em plantas de batata cultivadas em substrato orgânico, Tropstrato, ou em hidroponia, aos 21 DAE;
- De todas as características avaliadas, a única que é influenciada por doses de Mg, nos três experimentos, é o teor de Mg na matéria seca da quarta folha;
- A influência de dose de magnésio sobre os índices de nitrogênio depende do substrato e da adição de N (no caso de substrato orgânico) aos 21 DAE;
- O índice a ser utilizado no diagnostico do estado de magnésio da planta de batata depende do substrato e da adição de N (no caso de substrato orgânico) aos 21 DAE;
- O índice a ser utilizado no prognostico do número de tubérculos também depende do substrato e da adição de N (no caso de substrato orgânico) aos 21 DAE;
- O índice altura de planta (APL) pode ser usado prognostico da produção de batata em MFT e MST, nos três sistemas testados;
- Em hidroponia e em substrato orgânico não adubado com dose extra de N (mas que recebeu N no processo de fabricação), a dose de Mg adequada para produzir número é diferente da dose adequada para produzir massa fresca de tubérculos;
- Não é recomendado adicionar ao substrato orgânico Tropstrato, N e/ou Mg;
- A dose ótima de Mg^{2+} para cultivo em hidroponia é $0,96 \text{ mmol L}^{-1}$.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALLISON, M.F.; FOWLER, J.H.; ALLEN, E.J. Factors affecting the magnesium nutrition of potatoes (*Solanum tuberosum*). Journal of agricultural Science, v.137, p.397-409. 2001.
- ARGENTA, G. Parâmetros de planta como indicadores de nitrogênio na cultura do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, p.519-527. 2002.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e nitrogênio na folha de milho. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.13, n.2, p.158-167. 2001.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Anuário estatístico. São Paulo: ANDA, 2000. 252p.
- BALASUBRAMANIAN, V. On-farm adaptation of knowledge intensive nitrogen management technologies for rice systems. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.53, n.1, p.448-456. 1999.
- BOARO, C.S.F.; RODRIGUES, J.D.; PEDRAS, J.F.; RODRIGUES, S.D.; DELACHIAVE, M.E.; MISCHAN, M.M. Níveis de magnésio em solução nutritiva e o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca): Avaliação de parâmetros biométricos. Scientia Agrícola, v.53, n2, p.54-60. 1996.
- BRYAN, J.E.; MELÉNDEZ, G.; JACKSON, M.T. Esquejes do brote, uma técnica de multiplicação rápida de papa. Serie I: Técnicas de multiplicación rápida Guia I/1. Centro Internacional de La Papa (CIP), 1981.10p.
- CARTELAT, A. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). Field Crops Research, v.91, n.1, p35-49. 2005.

CHOUDHURY, T.M.A.; KHANIF, Y.M. Evaluation of effects of nitrogen and magnesium fertilization on rice yield and fertilizer nitrogen efficiency using ¹⁵N tracer technique. *Journal of Plant Nutrition*. v.24, n.6, p.855-871. 2001.

COELHO, F.S.; Uso do clorofilômetro como ferramenta de manejo da adubação nitrogenada da cultura da batata. Doutorado, Departamento de Fitotecnia, UFV, Viçosa, 162p. 2011.

CONSOLMAGNO NETO, D. Combinação de doses de potássio e magnésio na produção e nutrição mineral do capim-Tanzânia. Mestrado, Departamento de Solo e Nutrição de Plantas, ESALQ, Piracicaba, 83p. 2007.

COSTA, S.A.D.; Queiroga, F.M.; PEREIRA, F.H.F.; MARACAJÁ, P.B.; SOUSA, A.L. Efeito de doses de magnésio na produção e qualidade de frutos de melão. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.5, n.4, p.118-123. 2010.

DORENSTOUTER, H.; PIETERS, G.A.; FINDENEGG, G.R. Distribution of magnesium between chlorophyll and other photosynthetic functions in magnesium deficient 'sun' and 'shade' leaves of poplar. *Journal of Plant nutrition*, v.8 n.12, p.1089-1101. 1985.

EWING, E.E. Potato. In: WIEN, H. C. The physiology of vegetable crops. CABI, p.295-344. 1997.

FACTOR, T. L. Produção de minitubérculos de batata-semente em sistema hidropônico NFT, DFT, e Aeroponia. Doutorado, Faculdade de ciências agrárias e veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 142p. 2007.

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

FONTES, P.C.R. Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose. Viçosa: O autor, 2011. 296p.

FONTES, P.C.R. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Viçosa: UFV. 2001. 122p.

FURTINI NETO, A.E.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V.; SILVA, I.R.; ACCIOLY, A.M.A. Resposta de cultivares de feijoeiro ao enxofre. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.3, p.567-573. 2000

GONÇALVES, M.V. Arquitetura da planta, teores de clorofila e produtividade da batata, cv Atlantic, sob doses de silicato de potássio via foliar. Mestrado, Departamento de Fitotecnia, UFU, Uberlândia, 51p. 2009.

GOULAS, Y., CEROVIC, Z.G.; CARTELAT, A.; MOYA, I. Dualex: a new instrument for Field measurements of epidermal ultraviolet absorbance by chlorophyll fluorescence. Applied Optics, v. 43, p.4488-4496, 2004.

GUGALA, M.; ZARZECKA, K. Effect of cultivation factors on magnesium content in and removal by the potato tuber crop. Journal of Elementology, v.14, n.1, p.249-256. 2009.

GUGALA, M.; ZARZECKA, K.; IWONA, M. Potato tuber content of magnesium and calcium depending on weed control methods. Journal of Elementology, v.17 n.2 p. 247-254. 2012.

GUIMARÃES, T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ V., V.H.; MONNERAT, P.H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. Bragantia, v.58, n.1, p.209-216. 1999.

HIRANO, E. Produção de batata. Brasília: Linha Gráfica, 1987. 243p.

HORSFALL, J.G. COWLING, E.B. Plant disease an advanced treatise. How plants defend themselves. New York: Academic Press. 1980. 534p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE – Estatística da Produção Agrícola, maio de 2012. 82p. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201205.pdf. Acesso em 18 fev 2013.

JACKSON, S.D. Multiple signalling pathways control tuber induction in potato. Plant Physiology, v.119, p.1–8, 1999.

LAUGHLIN, W.M. Effect of soil applications of potassium, magnesium sulfate and magnesium sulfate spray on potato yield, composition and nutrient uptake. *American Potato Journal*, v.43, n.11, p. 403-411. 1966.

LORENZI, J.O.; MONTEIRO, P.A.; MIRANDA FILHO, H.S.; RAIJ, B.van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. P.221-229 (Boletim Técnico, 100).

MAINARD, S.D.; BOUMAZA, R.; MEYER, S.; CEROVIT, Z.G. Indicators of nitrogen status for ornamental woody plants based on optical measurements of leaf epidermal polyphenol and chlorophyll contents. *Scientia Horticulturae*, v. 115, n.4 p 377-385. 2008.

MARINI, F.S.; MARINHO, C.S.; MUNIZ, R.A.; CARVALHO, A.J.C.; MONNERAT, P.H. Doses de sulfato de magnésio em substrato orgânico sobre o crescimento e nutrição de porta-enxertos cítricos. *Laranja*, v.26, n.1, p.135-149, 2005.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 675p.

MARTINEZ, H.P.M.; CLEMENTE, J.M. O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa: UFV. 2011. 76p.

MARTINEZ, H.P.M.; SILVA FILHO, J.B. Introdução ao cultivo hidropônico de plantas. UFV. 2006. 111p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Dordrechth: Kluwer Academic Publishers. 2001. 849p.

MILAGRES, C.C. Índices de nitrogênio na planta e produção de batata semente básica influenciados pelo parcelamento do fertilizante nitrogenado. Mestrado, Departamento de Fitotecnia, UFV, Viçosa, 88p. 2011.

MIRANDA FILHO, H.S.; GRANJA, N.P.; MELO, P.C.T. Cultura da batata. Vargem Grande do Sul: São Paulo, 2003. 68p.

MOREIRA, M.A. Característica da planta e produção de batata semente básica em substrato com diferentes materiais de propagação. Doutorado, Departamento de Fitotecnia, UFV, Viçosa, 174p. 2008.

NASCIMENTO, R.; DEUNER, S.; FERREIRA, L. S.; BADINELLI, P.G.; KERBER, R.S. Crescimento e teores de clorofila e carotenoides em três cultivares de soja em função da adubação com magnésio. Ceres, v.56, p.364-369, 2009.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS, 2007. 1017p.

PAULA, M.B.; FONTES, P.C.R; NOGUEIRA, F.D. Produção de matéria seca e absorção de macronutrientes por cultivares de batata. Horticultura Brasileira. V.4, p.10-16, 1986.

PEREIRA, A.S.; DANIELS, J. O cultivo de batata na região sul do Brasil. Brasília: Embrapa. 2003. 474p.

PEREIRA, E.M.S.; LUZ, J.M.Q.; MOURA, C.C. A batata e seus benefícios. Uberlândia: EDUFU, 2005. 58p.

PEREIRA, W.L.M. Doses de potássio e magnésio em solução nutritiva para capim moçamba. Doutorado, Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ, Piracicaba 136p. 2001.

PETITTE, J.M.; ORMROD, D.P. Effects of sulphur dioxide and nitrogen dioxide on shoot and root growth of Kennebec and Russet Burbank potato plants. American Journal Potato Research, v.65. p.517-527. 1988.

RHEINHEIMER, D.S.; ALVAREZ, J.W.; OSORIO, B.D.; SILVA, L.S.; BORTOLUZZI, E.C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. Ciência Rural, v.35, n.3, p.562-569. 2005.

SAWYER, R.L.; DALLYN S.L. Magnesium fertilization of potatoes on long island. America potato journal, v. 43, p 149-152. 1966.

SILVA, D.J.; VENEGAS, V.H.A.; RUIZ, H.A. Transporte de enxofre para as raízes de soja em três solos de Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 8, p. 1161- 1167. 2002.

SILVA FILHO, J.B. Índices de nitrogênio na planta e produtividade de tubérculos de batata semente em sistema hidropônico de três fases. Mestrado, Departamento de Fitotecnia, UFV, Viçosa, 75p. 2011.

SOUZA-DIAS, J.A.C. Tecnologia broto/batata semente: uma ideia que está brotando na bataticultura. O agrário, p.7-7, 2006.

SOUZA-DIAS, J.A.C.; COSTA AS. O produtor pode fazer a sua própria batata-semente. A Granja a Revista do Líder Rural, v.54, p.12-18. 1998.

SOUZA-DIAS, J.A.C.; IMAUTI, M.T. Doenças da batateira (*Solanum tuberosum* L.). In: Manual de Fitopatologia, v.2: Doenças das Plantas Cultivadas. São Paulo: Ed. Agron. Ceres Ltda. p.135-175. 1997.

SWIADER J. M.; MOORE, A. SPAD - chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. Journal of Plant Nutrition, v.25, p.1089-1100. 2002.

TAIZ, Z.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3º edição, Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TREMBLAY, N.; WANG, Z.; BELEC, C. Evaluation of the Dualex for the assessment of corn nitrogen status. Journal of Plant Nutrition, v.30, n9, p.1355-1369. 2007.

TREMBLAY, N.; WANG, Z.; BELEC, C. Performance of Dualex in spring wheat for crop nitrogen status assessment, yield prediction and estimation of soil nitrate content. Journal of Plant Nutrition, v.33, n1,p.57-70. 2010.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: Nutrição mineral de plantas. Viçosa: SBCS, 2006. p.300-325.

YADAVA, U.L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. HortScience, v.21, p.1449-1450. 1986.

12. APÊNDICE:

Experimento 1:

Tabela 1A: Valores médios das características altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa fresca de haste (MFH), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de raiz (MFR) e massa seca de haste (MSH) para cada dose de Mg. Exp. 1.

Dose	APL	NHA	NFO	MFH	MFF	MFR	MSH
0,0	26,25	1	8,5	3,1000	6,4625	0,5250	0,85
1,8	21,37	1,25	9,5	4,9250	11,9870	0,9625	1,33
3,6	26,75	1	10,2	3,5750	9,2000	0,7375	0,95
5,4	19,50	1	8,5	3,4250	6,8625	0,3750	0,95
7,2	25,50	1,5	12,7	4,8875	13,8000	1,2000	1,26

Tabela 2A: Valores médios das características massa seca de folhas (MSF), massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF) e área foliar da folha referência para cada dose de Mg. Exp.1.

Dose	MSF	MSR	EQF	CQF	LQF	NFQF	AF
0,0	1,33	0,30	0,3075	12,42	6,85	5,00	42,14
1,8	2,40	0,45	0,3600	10,75	4,82	3,25	32,84
3,6	2,00	0,36	0,3825	13,25	6,95	6,00	41,47
5,4	1,39	0,20	0,3675	10,05	5,22	4,00	25,91
7,2	2,63	0,65	0,3200	14,05	6,95	4,75	46,36

Tabela 3A: Valores médios das características massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL) e índice SPAD (SPAD) para cada dose de Mg. Exp. 1.

Dose	MFQF	MSQF	IN	IBN	ICH	IFL	SPAD
0,0	1,3125	0,75	3,50	140,7	27,8	0,20	37,40
1,8	0,7625	0,40	3,00	153,7	27,7	0,19	34,52
3,6	1,4000	0,75	3,50	147	29	0,17	37,70
5,4	0,7125	0,35	3,25	140	28	0,20	35,40
7,2	1,4875	0,85	3,75	142,9	30	0,21	38,17

Tabela 4A: Valores médios das características teor de N na quarta folha (TN), teor de Mg na quarta folha (TMg), número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculos (MFT) e massa seca de tubérculos (MST). Exp. 1.

Dose	TN	TMg	NT	MFT	MST
0,0	2,12	2,02	5,75	86,01	12,76
1,8	2,30	2,15	5,75	105,91	17,40
3,6	2,40	2,30	6,50	91,88	12,68
5,4	2,59	2,35	8,25	128,35	14,29
7,2	2,43	2,38	9,5	93,51	13,81

Tabela 5A – Resumo da análise de variância das variáveis altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folha (NFO), massa fresca de hastes (MFH), massa fresca de folhas (MFF) e massa fresca de raiz (MFR). Exp. 1.

Quadrados médios							
FV	GL	APL	NHA	NFO	MFH	MFF	MFR
Bloco	3	196,9792	0,1833	12,6000	10,2854	45,1414	1,3926
Dose	4	41,9375 ^{ns}	0,2000 ^{ns}	12,3250 ^{ns}	2,9630 ^{ns}	40,8184 ^{ns}	0,4385 ^{ns}
Resíduo	12	23,02,08	0,1000	7,5583	6,1944	34,4538	0,1958
CV (%)		20,09	27,77	27,77	62,49	60,74	58,23

^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 6A – Resumo da análise de variância das variáveis massa seca de haste (MSH), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolo da quarta folha (NFQF). Exp. 1.

Quadrados médios								
FV	GL	MSH	MSF	MSR	EQF	CQF	LQF	NFQF
Bloco	3	10,28	45,1414	1,392667	0,0174	28,9853	6,1360	6,8000
Dose	4	2,96 ^{ns}	40,8184 ^{ns}	0,438562 ^{ns}	0,0041 ^{ns}	11,3237 ^{ns}	4,3807 ^{ns}	4,3250 ^{ns}
Resíduo	12	6,19	34,4538	0,195895	0,1958	7,1657	1,9047	2,0916
CV (%)		62,49	60,74	58,23	33,80	22,12	22,40	31,44

^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 7A – Resumo da análise de variância das variáveis área foliar da folha referência (AF), massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH) e índice de flavonóis (IFL). Exp.1.

Quadrados médios								
FV	GL	AF	MFQF	MSQF	IN	IBN	ICH	IFL
Bloco	3	589,43	0,476833	0,205333	0,9333	1023,689	3,9818	0,0004
Dose	4	271,60 ^{ns}	0,543250 ^{ns}	0,2080 ^{ns}	0,3250 ^{ns}	125,3158 ^{ns}	4,2342 ^{ns}	0,0009 ^{ns}
Resíduo	12	156,07	0,208917	0,118666	0,5583	220,5397	6,7105	0,0007
CV (%)		33,09	40,27	55,56	21,97	10,24	8,91	13,67

^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 8A – Resumo da análise de variância das variáveis índice SPAD (SPAD), teor de N na quarta folha (TN), teor de Mg na quarta folha (TMg), número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculos (MFT) e massa seca de tubérculos (MST). Exp.1.

Quadrados médios							
FV	GL	SPAD	TN	TMg	NT	MFT	MST
Bloco	3	11,6173	0,0704	0,1717	6,1833	941,76	22,8826
Dose	4	10,0682 ^{ns}	0,1198 ^{ns}	0,8918 ^{ns}	11,0750*	1136,20 ^{ns}	14,7693 ^{ns}
Resíduo	12	8,7669	0,6372	0,2401	3,4750	838,77	41,9102
CV (%)		8,08	10,63	21,82	26,07	28,63	45,61

*- F significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Experimento 2:

Tabela 9A: Valores médios das características altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa fresca de haste (MFH), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de raiz (MFR) e massa seca de haste (MSH) para cada dose de Mg. Exp.2.

Dose	APL	NHA	NFO	MFH	MFF	MFR	MSH
0,0	23,75	1,25	9,75	4,3875	10,4625	0,90	1,24
1,8	24,50	1,25	11	3,6250	7,9125	0,15	0,98
3,6	19,50	1	8,25	3,5250	8,0000	0,55	0,98
5,4	19,50	1,5	12,25	4,1625	10,4375	0,93	1,05
7,2	15,50	1,5	8,5	3,4375	8,0125	0,58	0,95

Tabela 10A: Valores médios das características massa seca de folhas (MSF), massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF) e área foliar da folha referência para cada dose de Mg. Exp.2.

Dose	MSF	MSR	EQF	CQF	LQF	NFQF	AF
0,0	2,25	0,40	0,2775	10,55	5,25	4,00	20,46
1,8	1,55	0,67	0,3050	12,72	7,50	4,50	37,22
3,6	1,65	0,30	0,2725	10,75	6,07	4,00	31,14
5,4	2,16	0,40	0,2625	13,30	8,52	5,00	46,52
7,2	1,65	0,30	0,2625	10,55	5,75	3,50	28,61

Tabela 11A: Valores médios das características massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL) e índice SPAD (SPAD) para cada dose de Mg. Exp.2.

Dose	MFQF	MSQF	IN	IBN	ICH	IFL	SPAD
0,0	0,5500	0,3000	3,50	146,1	26,3	0,18	32
1,8	1,0625	0,4750	3,50	163,1	32,3	0,18	37,3
3,6	0,9250	0,4850	3,25	156,5	27,3	0,17	34,6
5,4	1,3750	0,8000	3,75	164,2	29,6	0,18	35,9
7,2	0,9375	0,5750	3,50	162,9	28,5	0,18	34,8

Tabela 12A: Valores médios das características teor de N na quarta folha (TN), teor de Mg na quarta folha (TMg), número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculos (MFT) e massa seca de tubérculos (MST). Exp.2.

Dose	TN	TMg	NT	MFT	MST
0,0	2,23	1,9739	9,00	137,13	18,83
1,8	2,14	2,1685	6,75	128,01	22,57
3,6	2,24	2,3700	6,50	112,75	16,24
5,4	2,40	2,3925	6,00	110,45	17,11
7,2	2,23	2,4537	6,00	88,48	12,27

Tabela 13A – Resumo da análise de variância das variáveis altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folha (NFO), massa fresca de hastes (MFH), massa fresca de folhas (MFF) e massa fresca de raiz (MFR). Exp. 2.

FV	GL	Quadrados médios					
		APL	NHA	NFO	MFH	MFF	MFR
Bloco	3	121,2500	0,6000	5,2500	15,2797	67,8268	0,0729
Dose	4	53,5500 ^{ns}	0,1750 ^{ns}	11,4250 ^{ns}	0,7104 ^{ns}	7,3570 ^{ns}	0,4012 ^{ns}
Resíduo	12	48,9166	0,3083	8,7916	3,7676	31,9485	0,2769
CV (%)		34,03	42,71	29,8	50,71	63,04	84,06

^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 14A – Resumo da análise de variância das variáveis massa seca de haste (MSH), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolo da quarta folha (NFQF). Exp. 2.

FV	GL	Quadrados médios						
		MSH	MSF	MSR	EQF	CQF	LQF	NFQF
Bloco	3	15,2797	67,8268	0,072920	0,000280	28,7058	2,8280	3,3333
Dose	4	0,7104 ^{ns}	7,3570 ^{ns}	0,401207 ^{ns}	0,001220 ^{ns}	7,08000 ^{ns}	7,3342 ^{ns}	1,3000 ^{ns}
Resíduo	12	3,7676	31,9485	0,276940	0,000696	10,5600	4,5209	2,8333
CV (%)		50,71	63,04	84,06	9,56	28,07	32,11	40,07

^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 15A – Resumo da análise de variância das variáveis área foliar da folha referência (AF), massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH) e índice de flavonóis (IFL). Exp. 2.

FV	GL	Quadrados médios						
		AF	MFQF	MSQF	IN	IBN	ICH	IFL
Bloco	3	313,77	0,6316	0,2439	0,733333	1056,15	10,7080	0,001245
Dose	4	380,34 ^{ns}	0,3520 ^{ns}	0,1328 ^{ns}	0,125000 ^{ns}	231,97 ^{ns}	21,0732 ^{ns}	0,000070 ^{ns}
Resíduo	12	343,21	0,3153	0,1857	0,191666	613,05	13,7425	0,000770
CV (%)		56,49	57,88	81,77	12,50	15,61	12,85	15,28

^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 16A – Resumo da análise de variância das variáveis índice SPAD (SPAD), teor de N na quarta folha (TN), teor de Mg na quarta folha (TMg), número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculos (MFT) e massa seca de tubérculos (MST). Exp. 2.

Quadrados médios							
FV	GL	SPAD	TN	TMg	NT	MFT	MST
Bloco	3	45,3271	0,0257	0,1796	1,2500	270,06	6,0171
Dose	4	15,3755 ^{ns}	0,0355 ^{ns}	0,1567 ^{**}	6,2000 ^{**}	1387,69 ^{ns}	56,5271 ^{ns}
Resíduo	12	6,3588	0,0331	0,0129	4,0000	1179,88	37,9132
CV (%)		7,214	8,08	5,00	29,20	29,77	35,37

^{**} - F significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Experimento 3:

Tabela 17A: valores médios das características altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folhas (NFO), massa fresca de haste (MFH), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de raiz (MFR) e massa seca de haste (MSH) para cada dose de Mg, aos 21 DAE. Exp. 3.

Dose	APL	NHA	NFO	MFH	MFF	MFR	MSH
0,0	39	1,5	9,5	8,10	12,96	1,8250	2,01
0,625	30,75	1,25	10,5	7,81	9,02	1,0875	1,98
1,25	30,75	1,25	10,25	8,30	9,68	1,3000	2,00
2,5	32	1,25	11,5	6,76	11,48	1,5375	1,77
5,0	32,25	1,25	11,5	8,28	12,17	1,4000	1,99

Tabela 18A: valores médios das características massa seca de folhas (MSF), massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolos da quarta folha (NFQF) e área foliar da folha referência para cada dose de Mg, aos 21 DAE. Exp. 3.

Dose	MSF	MSR	EQF	CQF	LQF	NFQF	AF
0,0	2,38	0,88	0,2625	16,5500	8,4250	5,50	54,91
0,625	1,87	0,57	0,2375	15,9250	7,9000	6,00	62,61
1,25	1,85	0,75	0,2325	15,5000	7,9500	5,50	56,50
2,5	2,19	0,56	0,2450	14,8750	7,3500	5,50	52,68
5,0	2,17	0,67	0,2225	17,4250	8,6000	7,00	64,23

Tabela 19A: valores médios das características massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de clorofila (ICH), índice de flavonóis (IFL) e índice SPAD (SPAD) para cada dose de Mg, aos 21 DAE. Exp.3.

Dose	MFQF	MSQF	IN	IBN	ICH	IFL	SPAD
0,0	1,8000	1,05	3,25	145,4	24,7	0,19	33,9
0,625	1,8375	1,05	3,75	130,9	25,8	0,19	32,5
1,25	1,6875	0,95	3,00	137,4	26,8	0,20	34,9
2,5	1,6250	0,85	3,25	126,4	25,7	0,20	33,4
5,0	2,0500	1,05	3,50	1,3,1	26,2	0,20	33,8

Tabela 20A: valores médios das características teor de N na quarta folha (TN), teor de Mg na quarta folha (TMg), número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculos (MFT) e massa seca de tubérculos (MST), aos 21 DAE. Exp.3.

Dose	TN	TMg	NT	MFT	MST
0,0	2,43	0,5527	3,75	98,60	13,07
0,625	2,45	1,2369	7,00	300,18	42,05
1,25	2,68	1,0714	5,25	283,49	57,89
2,5	2,40	0,9209	4,50	304,31	47,67
5,0	2,45	0,9886	3,25	260,80	44,30

Tabela 21A – Resumo da análise de variância das variáveis altura de planta (APL), número de hastes (NHA), número de folha (NFO), massa fresca de hastes (MFH), massa fresca de folhas (MFF) e massa fresca de raiz (MFR), aos 21 DAE. Exp. 3.

Quadrados médios							
FV	GL	APL	NHA	NFO	MFH	MFF	MFR
Bloco	3	4,0500	0,3333	1,2500	0,4491	11,2917	0,2010
Dose	4	47,0750 ^{ns}	0,0500 ^{ns}	2,9500 ^{ns}	1,6404 ^{ns}	11,0701 ^{ns}	0,3026 ^{ns}
Resíduo	12	3,3416	0,2500	0,5833	0,4702	9,4200	0,1715
CV (%)		5,51	38,46	7,17	8,73	27,73	28,96

^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 22A – Resumo da análise de variância das variáveis massa seca de haste (MSH), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raiz (MSR), espessura da quarta folha (EQF), comprimento da quarta folha (CQF), largura da quarta folha (LQF), número de folíolo da quarta folha (NFQF). Exp, aos 21 DAE. 3.

Quadrados médios								
FV	GL	MSH	MSF	MSR	EQF	CQF	LQF	NFQF
Bloco	3	1803489	11,2917	0,2010	0,00022666	3,9898	3,0578	1,9333
Dose	4	1804421 ^{ns}	11,0701 ^{ns}	0,3026 ^{ns}	0,00090000 ^{ns}	3,8392 ^{ns}	0,9655 ^{ns}	1,7000 ^{ns}
Resíduo	12	1805075	9,4200	0,1715	0,00034333	3,6235	0,6545	1,1000
CV (%)		436,79	27,73	28,96	7,72	11,85	10,05	17,77

^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 23A – Resumo da análise de variância das variáveis área foliar da folha referência (AF), massa fresca da quarta folha (MFQF), massa seca da quarta folha (MSQF), índice numérico (IN), índice de balanço de N (IBN), índice de clorofila (ICH) e índice de flavonóis (IFL), aos 21 DAE. Exp. 3.

Quadrados médios								
FV	GL	AF	MFQF	MSQF	IN	IBN	ICH	IFL
Bloco	3	228,62	0,1180	0,023333	0,1833	818,32	6,9213	0,4883
Dose	4	100,04 ^{ns}	0,1071 ^{ns}	0,032000 ^{ns}	0,3250 ^{ns}	217,33 ^{ns}	2,3007 ^{ns}	0,1500 ^{ns}
Resíduo	12	105,23	0,1218	0,053333	0,2250	280,71	1,6534	0,3166
CV (%)		17,62	19,39	23,32	14,15	12,48	4,97	9,01

^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 24A – Resumo da análise de variância das variáveis índice SPAD (SPAD), teor de N na quarta folha (TN), teor de Mg na quarta folha (TMg), número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculos (MFT) e massa seca de tubérculos (MST), aos 21 DAE. Exp.3.

Quadrados médios							
FV	GL	SPAD	TN	TMg	NT	MFT	MST
Bloco	3	1,7073	0,078713	0,0053	0,8500	7438,61	73,21
Dose	4	3,1300 ^{ns}	0,048687 ^{ns}	0,2571 ^{**}	8,6250 [*]	29625,78 ^{**}	1121,59 ^{**}
Resíduo	12	1,6740	0,057779	0,0064	1,7250	3311,28	135,42
CV (%)		3,83	9,66	8,39	27,65	23,06	28,38

^{**}, ^{*} - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 25A: valores médios das características altura de planta (APL), número de folhas (NFO), número de hastes (NHA), índice SPAD (SPAD), índice de balanço de nitrogênio (IBN), índice de clorofila (ICH) e índice de flavonóis (IFL) aos 35 DAE. Exp.3.

Dose	APL	NFO	NHA	SPAD	IBN	ICH	IFL
0,0	48,50	16,25	2,00	24,92	75,95	17,75	0,24
0,625	46,50	14,75	1,25	35,57	107,33	28,12	0,26
1,25	48,75	16,75	1,25	35,75	123,63	26,25	0,21
2,5	48,25	14,25	1,50	34,95	120,33	26,65	0,22
5,0	44,00	14,75	2,25	35,92	108,54	27,45	0,25

Tabela 26A – Resumo da análise de variância das variáveis altura de planta (APL), número de folhas (NFO), número de hastes (NHA), índice SPAD (SPAD), índice de balanço de nitrogênio (IBN), índice de clorofila (ICH) e índice de flavonóis (IFL) aos 35 DAE. Exp.3.

Quadrados médios								
FV	GL	APL	NFO	NHA	SPAD	IBN	ICH	IFL
Bloco	3	70,8000	14,9833	0,3166	5,5685	334,70	1,0471	0,1045
Dose	4	15,9250**	4,7000 ^{ns}	0,8250 ^{ns}	90,8537**	1548,25**	72,3155**	0,1792 ^{ns}
Resíduo	12	16,2583	3,7333	0,3583	1,8280	179,23	3,2788	0,1082
CV (%)		8,54	12,58	36,27	4,04	12,54	7,17	13,68

** - F significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} - F não significativo a 5% de probabilidade.