

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**FONTES E DOSES DE CÁLCIO E NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO E
PRODUÇÃO DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.)
PARA INDÚSTRIA**

JOSÉ EDUARDO CONSORTE
Engenheiro Agrônomo

Orientador: **Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do Título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Agricultura.

BOTUCATU - SP

Novembro de 2001

BIOGRAFIA DO AUTOR

José Eduardo Consorte, natural de Brotas – SP, em 7 de março de 1955. Colou grau de Engenheiro Agrônomo em julho de 1978, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal. Especialista em Educação – Metodologia do Ensino Superior, pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1993). Mestre em Agronomia – Área de Concentração Agricultura, pela Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, em abril de 1996. Atividades profissionais: Extensionista agrícola da EMATER-Paraná/ACARPA (1979-81), assistente de campo da Ciba Geigy Química S/A (1981-1984), assistente de campo da Herbitécnica Defensivos Agrícolas Ltda (1985-1987), professor colaborador da Universidade Estadual de Ponta Grossa (1987-1989), professor adjunto da Fundação Faculdade de Agronomia “Luiz Meneghel”, de Bandeirantes – PR (1990), e professor assistente do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade da Universidade Estadual de Ponta Grossa, desde março de 1991, onde exerceu os cargos de: Coordenador do Curso de Agronomia, Chefe de Departamento e foi membro do Conselho de Ensino Pesquisa e Extensão. Atua na área de Agricultura (culturas: algodão, batata, café e cana-de-açúcar).

OFERECIMENTO E AGRADECIMENTOS

À minha esposa **Zulméa** e aos meus filhos **Eduardo** e **Conrado**, ofereço.

À minha mãe **Cecília** e ao meu pai **Benedicto Ernesto** (in memorian), dedico.

Ao Professor Dr. *Roberto Lyra Villas Bôas* pela orientação e constante apoio.

Ao Eng^o Agr^o *Mário Alves Monferdini*, da Stoller do Brasil, Divisão Arbore, por seu apoio no desenvolvimento da etapa de campo.

Ao Grupo Massuda, produtores de batata em Castro - PR, em especial ao Sr. *Tsutomu Massuda* e aos Eng^{os}. Agr^{os}. *Cláudio Fumio Kobayashi* e *Marcos Koyti Katto*, pela cessão da área experimental e demais auxílios prestados.

Aos técnicos de laboratório, *José Carlos Coelho* e *José Carlos De Pieri*, da FCA/UNESP, pelo auxílio na realização das análises químicas.

À *Márcia Eurich Belinski* e a *Suely Mara Zarate Moreira*, funcionárias da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós Graduação da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pelo constante apoio e amizade.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa pela liberação das atividades docentes e demais incentivos à qualificação profissional.

À CAPES pela concessão da bolsa PICDT.

À Universidade Estadual Paulista, que através da FCAV-Jaboticabal (graduação) e da FCA-Botucatu (pós-graduação), possibilitou nossa formação acadêmica.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	VI
1 RESUMO	01
2 SUMMARY	03
3 INTRODUÇÃO	05
4 REVISÃO DE LITERATURA	08
4.1 Produção de batata para indústria.....	08
4.2 Nutrição mineral e adubação da batateira.....	11
4.3 Adubação nitrogenada.....	14
4.4 O cálcio na planta.....	18
4.4.1 O cálcio na fisiologia do tubérculo.....	21
4.4.2 Absorção de cálcio pela batateira.....	23
4.5 Adubação com cálcio	26
4.5.1 Fornecimento de cálcio através da calagem.....	26
4.5.2 Fornecimento de cálcio através de fontes solúveis.....	28
5 MATERIAL E MÉTODOS	34
5.1 Cultivar utilizada.....	34
5.2 Características dos fertilizantes utilizados nos tratamentos.....	35
5.3 Local de instalação do experimento.....	37
5.4 Delineamento experimental.....	39
5.5 Características da lavoura onde implantou-se o experimento.....	40
5.6 Parcelas experimentais.....	42
5.7 Implantação e condução do experimento.....	45
5.8 Retirada de amostras durante o ciclo vegetativo.....	46
5.9 Colheita.....	47

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
6.1 Teor e quantidade de nutrientes na parte aérea.....	48
6.1.1 Teor e quantidade de nitrogênio na parte aérea.....	48
6.1.2 Teor e quantidade de fósforo na parte aérea.....	51
6.1.3 Teor e quantidade de potássio na parte aérea.....	55
6.1.4 Teor e quantidade de cálcio na parte aérea.....	58
6.1.5 Teor e quantidade de magnésio na parte aérea.....	61
6.1.6 Teor e quantidade de enxofre na parte aérea.....	64
6.2 Teor e quantidade de nutrientes nos tubérculos.....	67
6.2.1 Teor e quantidade de nitrogênio nos tubérculos.....	67
6.2.2 Teor e quantidade de fósforo nos tubérculos.....	70
6.2.3 Teor e quantidade de potássio nos tubérculos.....	73
6.2.4 Teor e quantidade de cálcio nos tubérculos.....	77
6.2.5 Teor e quantidade de magnésio nos tubérculos.....	82
6.2.6 Teor e quantidade de enxofre nos tubérculos.....	85
6.3 Produção total de tubérculos.....	88
6.4 Produção comercial.....	92
6.5 Número e tamanho dos tubérculos.....	94
6.6 Porcentagem de matéria seca nos tubérculos.....	98
6.6 Defeitos internos nos tubérculos.....	103
6.7 Alterações nas características químicas do solo.....	106
7 CONCLUSÕES	108
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110

LISTA DE QUADROS

Quadro	página
1 Resultados de análise química do solo na camada de 0 a 20 cm do solo utilizado no experimento. Castro-PR, 1999.....	38
2 Resultados de análises químicas das camadas de 20 a 40 cm e de 40 a 60 cm de profundidade do solo utilizado no experimento. Castro – PR, 1999.....	38
3 Esquema de análise de variância utilizado para as características avaliadas.....	39
4 Precipitação pluvial diária (mm) registrada no Município de Castro, no período de realização do experimento. Castro - PR, 1999/2000.....	43
5 Temperaturas (°C) mínimas e máximas diárias ocorridas no município de Castro-PR, 1999/2000	44
6 Valores de F, teor (g kg ⁻¹) e quantidade (kg ha ⁻¹) de N na parte aérea da batateira, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	49
7 Valores de F, teor (g kg ⁻¹) e quantidade (kg ha ⁻¹) de P na parte aérea da batateira, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	53
8 Valores de F, teor (g kg ⁻¹) e quantidade (kg ha ⁻¹) de K na parte aérea da batateira, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	56

9 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de Ca na parte aérea da batateira, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	59
10 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de Mg na parte aérea da batateira, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	62
11 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de S na parte aérea da batateira, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	65
12 Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para teor de S na parte aérea da batateira. Castro – PR, 1999/2000.....	66
13 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de N nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	68
14 Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para quantidade de N nos tubérculos. Castro – PR, 1999/2000.....	69
15 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de P nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	71
16 Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para quantidade de P nos tubérculos. Castro – PR, 1999/2000.....	72
17 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de K nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	74

18	Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para quantidade de K nos tubérculos. Castro – PR, 1999/2000.....	75
19	Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de Ca nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	78
20	Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para quantidade de Ca nos tubérculos. Castro – PR, 1999/2000.....	79
21	Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de Mg nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	83
22	Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para teor de Mg nos tubérculos. Castro – PR, 1999/2000.....	84
23	Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para quantidade de Mg nos tubérculos. Castro – PR, 1999/2000.....	84
24	Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de S nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	86
25	Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para quantidade de S nos tubérculos. Castro – PR, 1999/2000.....	87
	Valores de F, produção total de tubérculos (t ha^{-1}) em peso fresco (PF) e matéria seca (MS), coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	89

27	Valores de F, produção comercial ($t\ ha^{-1}$), não comercial ($t\ ha^{-1}$) e total de tubérculos ($t\ ha^{-1}$), e porcentagem de produção comercial na produção total, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	93
28	Valores de F, número e peso médio dos tubérculos (g), coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	95
29	Desdobramento da interação entre fatores, aos 42 DAE, para peso médio dos tubérculos. Castro – PR, 1999/2000.....	96
30	Valores de F, número de tubérculos maiores e menores de 50 g, e porcentagem de tubérculos > 50 g, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	97
31	Valores de F, porcentagem de matéria seca nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	99
32	Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para porcentagem de matéria seca nos tubérculos. Castro – PR, 1999/2000.....	100
33	Porcentagem de matéria seca nos tubérculos, comparando-se a média dos fatores (N + Ca) com a testemunha absoluta. Castro – PR, 1999/2000.....	101
34	Valores de F, peso médio dos dez maiores tubérculos (g) e o número destes que apresentaram coração oco, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	104
35	Valores de F, resultados da análise química do solo após a colheita, coeficiente de variação e médias gerais do experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.....	107

1 RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo verificar o efeito da cobertura nitrogenada, comparando-se N nítrico com N amídico, associado a diferentes doses de Ca solúvel, utilizando-se de duas fontes conjuntas de Ca e N disponíveis no mercado: nitrato de Ca (Hydro do Brasil) e nitroplus 9 (produto comercial, Stoller do Brasil, contendo Ca e N na forma amídica), na nutrição mineral, teor de matéria seca e produção de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.), cultivar Atlantic, para produção de batatas fritas em fatias (chips).

O ensaio de campo foi conduzido dentro de uma área de produção comercial de batata para indústria de chips pertencente ao Grupo Massuda, em Castro - PR, no período de setembro de 1999 a janeiro de 2000, em solo classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico latossólico, A proeminente, textura argilosa, fase relevo suavemente ondulado. A implantação dos tratamentos foi realizada em faixas laterais, nos dois lados da linha de plantio, logo após a emergência das plantas (26 dias após o plantio).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial com dois fatores e duas testemunhas. O fator A constou

de duas fontes de Ca e N: (1) nitrato de Ca + nitrato de amônio e (2) nitroplus 9 + uréia. O fator B, de cinco níveis de Ca (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ para a fonte 1 e 0, 25, 37,5, 50 e 75 kg ha⁻¹ para a fonte 2). As parcelas referentes aos fatores foram balanceadas em 83 kg ha⁻¹ de N. Utilizou-se uma testemunha absoluta e outra com adição de 75 kg ha⁻¹ de Ca como CaCl₂. As avaliações foram realizadas aos 19 DAE (dias após a emergência), 42 DAE, 69 DAE e colheita final (102 DAE).

A média dos fatores (adição de 83 kg ha⁻¹ de N associada a diferentes doses de Ca) quando comparadas com as testemunhas determinaram aumentos na produção total e comercial, outrossim influenciou nos parâmetros nutricionais analisados, tendo havido resposta nos teores e/ou quantidades de N, P, Ca e Mg nos tecidos analisados (parte aérea e/ou tubérculos). Aos 42 e 69 DAE, quando comparados com a testemunha absoluta, os fatores determinaram reduções significativas no teor de matéria seca dos tubérculos. Na análise química do solo após a colheita, a fonte 1 determinou um pH médio mais alto (5,1) que a fonte 2 (4,9).

Aos 69 DAE, que se mostrou como a melhor época para análise de Ca nos tubérculos, verificou-se que a partir das doses de 50 kg ha⁻¹ de Ca (fonte 1) e 37,5 kg ha⁻¹ de Ca (fonte 2) ocorreram aumentos nos teores de Ca nos tubérculos, demonstrando a possibilidade de, pelo fornecimento de Ca em forma solúvel na região de tuberização, aumentar sua concentração na batata-semente, mesmo quando as plantas se desenvolvem em solos com quantidades de Ca suficientes para seu crescimento.

CALCIUM AND NITROGEN SOURCES AND DOSIS IN POTATO (*Solanum tuberosum* L.) NUTRITION AND YIELD FOR CHIPS PRODUCTION. Botucatu, 2001. 118p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JOSÉ EDUARDO CONSORTE

Adviser: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

2 SUMMARY

The present research had as its aim to study the effect of nitrogen sidedressing fertilization, in N sources comparative study, with N - NO_3^- and N - NH_4^+ , associate with two calcium soluble sources, by utilization of two entireties calcium and nitrogen sources available in the market: calcium nitrate (Hydro of Brazil) and nitroplus 9 (commercial product, Stoller of Brazil, with Ca and NH_4^+), in mineral nutrition, dry matter contents and potato tuber yield (*Solanum tuberosum* L.), cv. Atlantic, for chips production.

A field experiment was carried out inside commercial area for chips potato production, pertain at Massuda Group, South Parana State, Brazil. From setember 1999 to january 2000, on a Dystrofic, Clay texture, Inceptisol. Treatments was applied in sidedressing during moulding up in the two side of plant line, just after plants emergency (26 days after planting).

The experimental design was randomized complete block with four replications, in a factorial arrangements with two factors and two checks. Fator A consisted of

two calcium and nitrogen sources: (1) calcium nitrate + ammonium nitrate and (2) nitroplus 9 + urea. Factor B of five levels of calcium (0 kg ha^{-1} , 25 kg ha^{-1} , 50 kg ha^{-1} , 75 kg ha^{-1} and 100 kg ha^{-1} to source one, and 0 kg ha^{-1} , 25 kg ha^{-1} , 37.5 kg ha^{-1} , 50 kg ha^{-1} and 75 kg ha^{-1} to source two). Factors relative plots was balanced with N in 83 kg ha^{-1} . The checks consisted: untreated and no N with Ca (75 kg ha^{-1} from CaCl_2). Avaliations was carried out at several times: 19 DAE (days after emergency), 42 DAE, 69 DAE and harvest (102 DAE).

The tuber yield average of factors treatments (with N: 83 kg ha^{-1} , entireties with several levels of Ca) was larger than the two checks average. As well influenced other analysed parameters: contents and/or amounts of N, P, Ca and Mg, in analysed tissues (whole shoot and/or tubers). At 42 DAE and 69 DAE, when compared with untreateds plots, the factors determined significant reductions in tubers dry matter contents, when was compared with untreated check. In soil chemicals analysis after harvest, the source one determined higher average pH (5.1) than source two (4.9).

At 69 DAE that showed like the better time for tubers calcium analysis, verified that after level 3 (50 kg ha^{-1} to source one and 37.5 kg ha^{-1} to source two) increased tuber calcium contents, showed the possibility, by soluble calcium fertilization in tuber zone formation, to increase its concentration in potato seed tuber, even when the plants grown in soil with sufficient calcium contents for its growing.

Keywords: calcium, nitrogen, mineral nutrition, tuber dry matter, potato yield, *Solanum tuberosum* L.

3 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) representa em quantidade, em termos mundiais, a quarta fonte alimentar de origem vegetal consumida diretamente pela população, trata-se de um alimento de alta qualidade, destacando-se nesse aspecto, a sua digestibilidade e o valor biológico de suas proteínas. Em algumas regiões a batateira é a principal fornecedora de alimento para o homem, devido a sua excelente adaptação às regiões de clima temperado e frio.

No Brasil, onde está entre as culturas mais importantes, foram produzidas no ano de 1999, $2,8 \times 10^6$ t, tendo sua produção se concentrado nos estados de Minas Gerais ($1,0 \times 10^6$ t), São Paulo ($0,7 \times 10^6$ t), Paraná ($0,6 \times 10^6$ t), Rio Grande do Sul ($0,4 \times 10^6$ t) e Santa Catarina ($0,1 \times 10^6$ t) (Nakanae & Pastrelo, 2000).

Os principais problemas que dificultam uma maior expansão da cultura em nossas condições estão relacionados com seu elevado custo de produção, composto principalmente pelo alto preço da batata-semente e às grandes quantidades utilizadas de fertilizantes e defensivos; bem como às características de sua comercialização que

normalmente determinam grande oscilação de preços.

Uma tendência mundial é a substituição de alimentos adquiridos frescos para posterior preparo por outros industrializados, prontos para consumir ou de preparo rápido. O que também vem acontecendo com a batata, especialmente nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, onde é cada vez menos utilizada diretamente na culinária, tendo em vista que nestes tem aumentado seu consumo nas formas industrializadas, especialmente batatas fritas em fatias (chips) e batatas pré-fritas congeladas.

As cultivares utilizadas no Brasil, a grande maioria importadas, não são perfeitamente adaptadas às nossas condições de solo e clima, tornando necessário o emprego de grandes quantidades de fertilizantes químicos e cuidados intensivos no controle de doenças.

Na adubação de lavouras destinadas à comercialização “in natura”, geralmente emprega-se de 2 a 4 t ha⁻¹ da fórmula 4-14-8, ou similar, e realiza-se uma cobertura nitrogenada por ocasião da amontoa, com 80 kg ha⁻¹ de N.

A batata que será destinada à produção de chips deverá conter pelo menos 20,5% de matéria seca e baixa concentração de açúcares redutores. Como a adubação nitrogenada pode prejudicar estes parâmetros, por estimular o desenvolvimento da folhagem, quem a produz normalmente deixa de realizar essa prática, pois a comercialização dos tubérculos está condicionada à obtenção dos parâmetros mínimos citados anteriormente.

Vários trabalhos já demonstraram a importância do fornecimento de cálcio (Ca) à batateira, especialmente em solos arenosos, com baixa CTC e naturalmente pobres neste elemento, onde já se constatou melhorias na produção, na porcentagem de tubérculos graúdos e em aspectos qualitativos, especialmente na redução dos defeitos internos

(mancha chocolate e coração oco) e na redução da incidência da podridão mole (*Erwinia* sp.).

Palta (1997), considerando a existência de raízes funcionais nos tubérculos estabeleceu o conceito que estes podem receber “nutrição direta”, pelo fornecimento de Ca em formas solúveis, aplicado na região de tuberização (fertirrigação), para ser absorvido pelos tubérculos durante sua formação. Dessa forma observou que aumentos no conteúdo de Ca nos tubérculos podem ocorrer, mesmo num solo que contenha níveis de Ca suficientes para o crescimento da batateira.

O presente trabalho teve por objetivo verificar o efeito da cobertura nitrogenada acompanhada com diferentes níveis de Ca solúvel, utilizando-se duas fontes conjuntas de Ca e N disponíveis no mercado: nitrato de Ca (Hydro do Brasil) e nitroplus 9 (Stoller do Brasil), verificando-se também possíveis diferenças entre o N nítrico e o N amídico, na nutrição mineral e produção de tubérculos de batata, cultivar Atlantic, a mais cultivada no Brasil visando a produção de chips.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Produção de batata para indústria

No Brasil, como no resto do mundo, aumenta a demanda por alimentos de preparo rápido ou prontos para consumir, especialmente pela população de poder aquisitivo mais elevado.

A industrialização através da fritura em fatias ou chips é a mais empregada nos EUA e também aqui no Brasil, embora em pequena escala. Na seleção da matéria prima é de máxima importância levar-se em consideração o seu conteúdo em matéria seca, que deverá ser alto (Pereira, 1987). Para produção de chips os tubérculos devem ter um teor de matéria seca de no mínimo 20,5 % (Melo, 1999).

Os tubérculos a serem industrializados devem ter características especiais para essa finalidade. O teor de matéria seca é importante quanto ao rendimento, absorção de óleo durante a fritura e textura do produto final. Batatas com alto teor de sólidos produzem fritas de melhor textura, menos oleosas e de melhor paladar (Pereira, 1987).

Em batatas com alto teor de matéria seca a fritura se processa em menos tempo e durante o armazenamento há menor acúmulo de açúcares redutores comparando-se com batatas de baixa densidade específica (Smith, 1977).

Vários fatores influem na obtenção da qualidade final do produto processado: cultivar, clima, tipo de solo, emprego de fertilizantes, grau de maturação na colheita e condições de armazenamento (Pereira, 1987).

A densidade específica, que normalmente está diretamente correlacionada com o teor de matéria seca, tem se mostrado influenciada pelas práticas de fertilização, especialmente no que se refere à fontes e níveis de adubação. Em alguns casos, tanto o KCl, como o K_2SO_4 , mostram uma tendência em diminuir a densidade específica dos tubérculos, sendo mais acentuada com o uso da primeira fonte (Lujan & Smith, citados por Coraspe-León, 1995).

A aplicação na forma de sulfato, em vez de cloreto, proporciona pequenos benefícios na forma de aumentos relativos no teor de matéria seca dos tubérculos, sendo a fonte de K mais adequada para batatas destinadas ao processamento (Askew, 1992).

O teor de sólidos aumenta com a maturação, o que denota a importância de não haver redução do ciclo da planta por efeito de doenças (Heemst, 1986). Em geral, quando o desenvolvimento da folhagem é estimulado como acontece com o uso de N, há um decréscimo no teor de matéria seca dos tubérculos, sendo o contrário também verdadeiro (Heemst, 1986; Manrique, 1989).

No início da tuberização, em condições normais, todos os tubérculos começam a se formar durante um período de sete a dez dias (Beukema & Zaag, 1990).

Entretanto, muitos fatores, atuando isoladamente ou de forma associada, podem estimular a planta a reiniciar a tuberização: altas temperaturas, grande quantidade de N disponível e baixa umidade do solo seguida de encharcamento (Heemst, 1986; Manrique, 1989).

Experimentos realizados na Inglaterra, durante as décadas de 70 e 80 indicaram que a adição de adubos orgânicos pode reduzir o conteúdo de matéria seca dos tubérculos destinados ao processamento (Askew, 1992).

Doses excessivas de N ou sua aplicação em uma fase mais adiantada do ciclo vegetativo estimulam o desenvolvimento da folhagem, em detrimento dos tubérculos, causando também redução do seu teor de matéria seca, em especial quando as condições de cultivo não são muito adequadas (Heemst, 1986; Westermann et al., 1994). Por outro lado, Joern & Vitosh (1995) verificaram que para condições ótimas de cultivo, o efeito do N sobre o teor de matéria seca dos tubérculos pode não ser percebido e que sua utilização pode determinar aumento no tamanho dos tubérculos.

A aplicação excessiva de K também pode reduzir o teor de matéria seca nos tubérculos, já que o aumento da absorção e o acúmulo de K nas plantas reduzem o potencial osmótico e aumentam a absorção de água, o que causa a diluição dos teores de matéria seca e amido dos tubérculos (Reis Júnior & Fontes, citados por Melo, 1999).

Para produção de fatias ou lâminas os tubérculos devem ter formato arredondado, serem graúdos, com diâmetro entre 55 e 60 mm. Também não podem apresentar podridões, defeitos internos, como mancha chocolate e coração oco, e defeitos externos, como crescimento secundário e embonecamento, pois comprometem a qualidade do produto final e o rendimento (Melo, 1999).

Além do teor de matéria seca dos tubérculos, a falta ou excesso de N

pode influenciar a ocorrência de crescimento secundário, assim como a falta de N e K, pode levar a ocorrência do coração oco (Burton, 1989). O K é necessário para acúmulo e translocação de carboidratos recém formados (Jones et al., 1991).

Em lavouras onde são colhidos tubérculos maiores deve ser esperado também um maior número deles com coração oco e rachaduras. Isto ocorre especialmente em tubérculos com altos teores de matéria seca e se durante o desenvolvimento das plantas houve elevação da temperatura e suprimento irregular de água (Beukema & Zaag, 1990).

Entre a emergência e o início da formação dos tubérculos, a ocorrência de estresse hídrico ou atraso na primeira irrigação pode acelerar o processo de desenvolvimento dos tubérculos e induzir a formação de um menor número deles, com maior proporção de tubérculos graúdos na colheita (Shock et al., citados por Melo, 1999).

Conclui-se, portanto, que a fertilização pode influir em três parâmetros fundamentais para determinação da qualidade da batata para fritura em fatias: teor de matéria seca, ocorrência de distúrbios fisiológicos no desenvolvimento dos tubérculos, especialmente coração oco e mancha chocolate, e na obtenção de tubérculos graúdos.

4.2 Nutrição mineral e adubação da batateira

A dose de um elemento a ser aplicada em uma cultura, é função da quantidade do elemento absorvido pela planta para máxima produção, da quantidade desse elemento suprida pelo solo e da porcentagem de recuperação do elemento adicionado ao solo como fertilizante. Diversos fatores como estação de crescimento, fertilidade do solo, níveis de água no solo, densidade de plantas, cultivar, modo de aplicação do fertilizante, dentre outros

fatores, afetam a resposta da batateira à aplicação de fertilizantes (Fontes, 1987).

No que se refere ao P e ao K na análise de solo, cujos resultados normalmente influem significativamente na recomendação de adubação para a maior parte das culturas, no caso da cultura da batata não servem como única orientação, tendo em vista a existência de resultados contraditórios e pouco correlacionados com o nível de fertilidade indicado pela planta. A análise de tecidos da planta somente se torna representativa a partir do período de tuberização, pois até esta fase o conteúdo de elementos é bastante elevado, inclusive quando a planta se desenvolve em solos deficientes. Na época da tuberização os valores críticos correspondentes a P e K são, $0,8 \text{ g kg}^{-1}$ de P, na forma de fosfato, e 67 g kg^{-1} de K (Vivancos, 1984).

Nas condições da Holanda, quando o solo apresenta quantidades elevadas de Ca, recomenda-se que a cultura receba quantidades extras de P. Para ser satisfatório, o conteúdo de P na parte aérea da batateira deve ser maior que 2 g kg^{-1} . A extração de P_2O_5 pela batateira fica na faixa de 25 a 93 kg ha^{-1} (Askew, 1992). A lâmina foliar tende a ter teores totais mais altos de P (Jones et al., 1991).

Para as condições brasileiras, Trani et al. (1983) definiram o valor crítico de 3 g kg^{-1} , para teor de P nos folíolos da 3ª folha, a partir do tufo apical aos 30 DAE.

Outros aspectos também podem influir na recomendação de adubação para a batateira: condições edafo-climáticas em que foram produzidos os tubérculos sementes, tamanho e estágio fisiológico da batata-semente, fornecimento de nutrientes que considera-se pouco móveis no floema (Ca e B) podendo, em função disto, haver deficiência localizada nos tubérculos. Estes são, provavelmente, os fatores que dificultam o estabelecimento de padrões de fertilidade para a cultura da batata, conforme verificado por Vivancos (1984). O objetivo da

produção: utilização na culinária, industrialização ou servir como batata-semente, por determinarem objetivos diferenciados de produção em relação a aspectos qualitativos, podem também influir.

Em média, uma colheita de 30 t ha⁻¹ de tubérculos retira do solo: 120 kg de N, 17 kg de P, 180 kg de K, 4 kg de Ca, 9 kg de Mg e 10 kg de S. A adubação fosfatada é muito importante no crescimento inicial da planta pois, além de aumentar a produção de tubérculos em peso e número, aumenta também a qualidade do amido neles contidos, reduzindo perdas durante o armazenamento. Quando se incrementa o nível de fertilização com K verificar a necessidade de suplementação com Mg. Em solos deficientes, a adubação com K além de elevar a produtividade aumenta também o tamanho dos tubérculos produzidos e a proporção de tubérculos grandes (Fontes, 1987).

A absorção de NH₄⁺ restringe a absorção de cátions, podendo levar à deficiência de Ca²⁺, bem como reduzir os níveis de K na planta. O NH₄⁺ também pode influir no balanço existente entre os três cátions: K, Ca e Mg. A fonte de N tem relação com o acúmulo de K. Um aumento do N - NO₃⁻ tende a resultar em acúmulo de K, enquanto o N - NH₄⁺ tende a deprimir a concentração de K. Por outro lado, incrementos no nível de Ca tende a neutralizar os efeitos da adição de N e os pecíolos tendem a ter teores mais altos de K (Jones et al., 1991).

Walworth & Muniz (1993) revisaram a literatura existente para avaliar a relação entre as concentrações de nutrientes nos tecidos de batata e o seu respectivo rendimento na produção de tubérculos. Com relação ao tipo de tecido, constataram que praticamente todas as partes da planta de batata têm sido utilizadas para se estimar o estado nutricional. A idade das plantas na época da amostragem tem efeito determinante na

concentração de nutrientes, em função de que seus teores nos tecidos mudam com a idade. A concentração de um nutriente numa fase de crescimento rápido pode variar em mais de 100 % em apenas uma semana. Em relação ao Ca, há uma tendência de aumento de seus teores com a idade, tanto nos pecíolos como em outras partes da planta, embora nos tubérculos geralmente decresçam. Para N, P, e K há um declínio em suas concentrações na planta durante seu desenvolvimento vegetativo.

4.3 Adubação nitrogenada

O N exerce uma influência favorável ao desenvolvimento da planta até o florescimento e desfavorável posteriormente. Em função disto é importante conhecer a quantidade deste nutriente que o solo vai colocar à disposição da cultura. Este constará do N mineral que existe no solo mais o N que vai sendo mineralizado ao longo do ciclo vegetativo e que, dependerá da matéria orgânica do solo e dos resíduos da cultura anterior.

A deficiência de N é mais marcante em solos arenosos, ácidos e pobres em matéria orgânica. Mas raramente encontram-se solos com elevado teor de N e que não precise de quantidades adicionais do nutriente. Nas folhas esperam-se concentrações de 4 a 50 g kg⁻¹ de N no peso seco de folhas maduras em plantas no início do ciclo. Para se obter rendimento de tubérculos é necessário um rápido e curto período de desenvolvimento da parte aérea e uma fase de “acúmulo” maior possível e em função disto devem ser evitadas doses muito altas de N principalmente se aplicadas tardiamente, o que implicará na redução do período de intenso desenvolvimento dos tubérculos e armazenagem do amido, resultando em menor produção. O N normalmente é parcelado, cerca de dois terços da dose recomendada é

colocado no sulco de plantio e o restante adicionado por ocasião da amontoa. É uma prática tradicional com pouco suporte experimental para as condições brasileiras (Fontes, 1987).

As batateiras utilizam grandes quantidades de N, frequentemente mais que o total aplicado como fertilizante. Normalmente todo o N é aplicado no sulco de plantio (Inglaterra), mas em casos que o N possa ser lixiviado pelas chuvas (solos arenosos), frequentemente há benefícios no seu parcelamento: plantio e início da formação dos tubérculos (Askew, 1992).

A recomendação para o Estado de São Paulo é a colocação de 40 a 80 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio e mais 40 a 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura por ocasião da amontoa. Aplicar as menores doses em épocas de temperatura mais elevada (Miranda Filho, 1997).

Jones et al. (1991) verificaram em relação ao N nas plantas: concentrações mais altas são encontradas em folhas mais novas, sendo que o conteúdo total tende a decrescer com a idade da planta ou de algumas de suas partes; plantas adubadas com N amoniacal possuem teores mais elevados de “kjeldahl” N que as plantas que tiveram maior disponibilidade de N nítrico; a absorção de nitratos estimula a absorção de cátions, enquanto os ânions Cl⁻ e OH⁻ restringem a absorção de nitratos; “status” elevado de carboidratos na planta acentua a absorção de NH₄⁺, sendo que uma exaustão de carboidratos pode ocorrer com nutrição amoniacal, que acaba resultando em redução do crescimento; os níveis de N, que normalmente declinam com a idade, podem ser incrementados pela adição de N em cobertura, mas este aumento é temporário, em pouco tempo o teor de N volta a cair; todas as formas de N geralmente resultam em maiores concentrações de N, K, Ca e Mg e reduzem os teores de P; o incremento de N total é maior com N - NH₄⁺ que com N - NO₃⁻, em plantas bem abastecidas; o

N - NO₃⁻ determina níveis mais altos de K, Ca e Mg e mais baixos de P e S; a lâmina foliar tende a ter teores mais altos de N; adições de fontes de Ca que não modificam o pH de um solo ácido também pode ter um efeito benéfico no fornecimento de N às plantas por aumentar os níveis de fixação biológica, bem como por reduzir os efeitos nocivos do excesso de metais pesados.

Singh (1993) conduziu experimentos de campo visando otimizar a adubação nitrogenada de culturas de batata que se desenvolveram em condições de dias curtos nos subtrópicos. Deficiências de N foram detectadas aos 25 dias após o plantio (DAP), reveladas pelas concentrações de N - NO₃⁻ fornecidas pela análise de tecidos. O teor de N - NO₃⁻ nos tecidos declinou bruscamente com a idade da planta, de 25 para 60 DAP, e foi significativamente correlacionada, em todos os estágios de crescimento, com o N aplicado e com a produção de tubérculos de batata. Maiores produções foram obtidas quando a concentração de N - NO₃⁻ nos tecidos foi mantida acima das concentrações críticas durante o ciclo vegetativo, até ultrapassar 60 DAP, por adubação de cobertura com N.

Estudos recentes sugerem que a época de aplicação do N e a interação entre Ca e N podem influenciar na ocorrência de defeitos internos. Em experimentos desenvolvidos em 1993 e 1994, Palta (1997) verificou nas parcelas que receberam N ou Ca + N no período de tuberização, em aplicações parceladas (amontoa, 3 e 6 semanas após), os tubérculos apresentaram metade dos defeitos que quando os mesmos nutrientes foram aplicados integralmente por ocasião da amontoa.

A adubação nitrogenada pode interferir na reação das plantas às doenças. A cultura pode não ser beneficiada pela aplicação de fungicidas quando fertilizada com baixos níveis de N e, quanto às doenças viróticas, pode haver um encobrimento dos

sintomas patológicos, o que é relevante na produção de batata-semente, pois pode prejudicar o reconhecimento de plantas infectadas (Fontes, 1987).

Prokkola (1994) estudou a adubação nitrogenada em áreas de produção de batata-semente, em relação à susceptibilidade dos tubérculos à *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica*. As cultivares Record e Bintje foram adubadas com 30, 80 e 130 kg ha⁻¹ de N. Na estação de crescimento subsequente, os tubérculos-sementes, que foram ou não inoculados com duas concentrações de suspensão contendo *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica*, foram submetidos aos mesmos tratamentos de fertilização. O grau de incidência variou consideravelmente de ano para ano. Em 1990, quando a incidência da doença foi alta, a proporção de hastes com canela preta aumentou com o incremento de doses do fertilizante nitrogenado que havia sido aplicado durante o ciclo de produção da batata-semente, mas estes tratamentos não tiveram influência significativa em 1988 e 1992. O apodrecimento dos tubérculos-sementes foi retardado pelas doses mais baixas de N. A produção da estação de cultivo subsequente não foi afetada pela dose de N aplicada durante o ciclo da cultura.

4.4 O Cálcio na planta

Os tubérculos provenientes de plantas deficientes em Ca, que podem ficar extremamente pequenos, apresentam inicialmente uma necrose difusa de cor castanha no anel vascular próximo ao ponto de inserção com o estolão e, posteriormente, manchas similares em forma de meia-lua na medula. A coloração ferruginosa interna nos tubérculos (“mancha chocolate”) é mais severa em solos secos e com baixo conteúdo de Ca, principalmente quando ácidos e com baixa capacidade de troca de cátions. Em solos com deficiência de Ca, os tubérculos usados como semente permanecem duros, porém produzem

raízes relativamente normais. Os ápices dos brotos apresentam necroses na região que se encontra imediatamente abaixo do ponto de crescimento e, portanto, não chegam a desenvolver-se bem. O Ca mobiliza-se muito pouco dos tubérculos para os brotos (Hooker, 1990).

A deficiência de Ca é mais comum em solos ácidos, arenosos, pobres em Ca e sujeitos a precipitação elevada. Os tubérculos produzidos frequentemente mostram sintomas de deficiência quando a folhagem ainda parece normal ou apenas com uma coloração verde claro e com a dobra dos pecíolos. Os tubérculos são pequenos, numerosos e geralmente deformados com projeções e depressões (Fontes, 1987).

A importância do Ca para as plantas é conhecida desde muito tempo, inicialmente pela sua função estrutural relacionada com a integridade da membrana e propriedades mecânicas da parede celular e, mais recentemente, nos processos de transporte iônico, polaridade das células e na atividade das proteínas formadoras da célula, com uma função catalisadora na divisão celular, formação da lâmina celular e na biogênese da parede celular. A imobilidade do Ca no floema e a translocação a longas distâncias pelo xilema determina que a deficiência de Ca ocorra frequentemente em partes da planta, como é o caso dos órgãos subterrâneos, e em função disto atribui-se os baixos níveis de Ca encontrados nos tubérculos de batata (Hartmans & Es, 1987).

Poder (1990) estudou a ação da auxina (AIA) no acúmulo de fosfato em tubérculos formados a partir de gemas simples retiradas das folhas e o efeito do Ca na distribuição do fosfato. O acúmulo de fosfato nos tubérculos foi significativamente aumentado por um pré-tratamento da gema axilar com Ca seguido por um tratamento subsequente do tubérculo formado com AIA. Os resultados sugerem que o Ca possa ser necessário para o

controle da ação das auxinas sobre o transporte do fosfato dentro do tubérculo.

Íons como o Ca, que são relativamente imóveis no floema, apresentam um processo contínuo de acúmulo nas folhas e frequentemente formam precipitados. Cristais de carbonato e de oxalato de Ca ocorrem nos vacúolos e paredes celulares de muitas espécies, enquanto que o fosfato de cálcio algumas vezes é precipitado dentro da mitocôndria. Estes cristais aumentam de tamanho e número com o envelhecimento das folhas e estão proeminentes em plantas caducifólias imediatamente antes da queda das folhas (Baker, 1983).

O Ca é importante para uma membrana celular sadia e uma parede celular forte. Uma membrana celular sadia é fator decisivo para a sobrevivência e saúde da célula da planta, tendo sido evidenciado que a integridade da membrana celular não pode ser mantida abaixo de um nível crítico de Ca ao seu redor. Se o nível de Ca associado com as membranas é reduzido, as membranas tornam-se excessivamente permeáveis, resultando na perda de sais celulares e compostos orgânicos. O Ca também atua como um mensageiro, agindo exatamente como um hormônio. Como mensageiro secundário o Ca tem se mostrado regulador de várias funções celulares. Aumentos no nível de Ca podem auxiliar a planta a reagir às condições climáticas desfavoráveis (seca, calor, frio) e de estresse biótico (bactérias e fungos). No verão de 1988 em Wisconsin, extraordinariamente quente e seco, num solo arenoso, constatou-se em ensaios de campo, aumentos de 20 a 30 % na produção de tubérculos onde fontes solúveis de Ca foram aplicadas durante sua formação. Estes resultados sugeriram que a fertilização com Ca pode aliviar o impacto de um estresse por calor sobre a produção de tubérculos (Palta, 1997).

Os teores de Ca em folhas maduras de plantas, no estágio inicial de desenvolvimento oscilam entre 6 e 9 g kg⁻¹ do peso das mesmas (Fontes, 1987).

Jones et al. (1991) verificaram em relação à nutrição com Ca: a lâmina foliar tende a ter teores mais altos de Ca; em folhas maduras e sadias de solanáceas o conteúdo de Ca é relativamente elevado ($> 25 \text{ g kg}^{-1}$); o conteúdo excessivo de Ca nas plantas pode levar à deficiência, tanto de Mg quanto de K, dependendo da concentração destes elementos na planta; o Ca pode estimular a absorção de P, este aumento é provavelmente limitado à certas fontes e quantidades de Ca, que não aumentem o pH do solo para a faixa de 6,5 a 8,3; geralmente adições de N aumentam o conteúdo de Ca no tecido foliar, porém se houver um considerável aumento da matéria seca poderá haver redução do teor de Ca (diluição), sendo que este resultado geralmente ocorre quando há elevada resposta ao N e baixos conteúdos de Ca no substrato; e a utilização de N - NH_4^+ tem um maior efeito depressivo no conteúdo de Ca nos tecidos dos frutos que em seu teor nas folhas, efeito este que é agravado com a idade dos tecidos.

4.4.1 O Cálcio na fisiologia do tubérculo

Baixos teores de Ca nos tubérculos também têm sido associados à maior suscetibilidade à podridão mole, causada por *Erwinia* sp. (Fontes, 1999).

A *Erwinia* sp. provoca a podridão mole dos tubérculos por deixar as membranas excessivamente permeáveis e digerir a parede celular através de enzimas hidrolíticas (Palta, 1997).

Mcguire & Kelman (1984) estudaram a redução de severidade de podridão mole causada por *Erwinia* sp. em tubérculos da batata através do aumento de seu conteúdo em Ca. Observaram que a severidade da podridão mole causada em tubérculos de batata por *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica* foi linear e inversamente correlacionada com a

concentração de Ca no tubérculo. Em experimento de campo estudaram diferentes fontes de N e de Ca, representando a amplitude de concentração de Ca nos solos. O conteúdo de Ca variou de 0,6 a 2,8 g kg⁻¹ na periderme e de 0,1 a 0,6 g kg⁻¹ na medula dos tubérculos. Quando o conteúdo de Ca nos tubérculos aumentou, a porcentagem da área superficial apodrecida foi significativamente reduzida. Os resultados indicaram que em alguns solos, com baixa capacidade de troca de cátions, os tubérculos podem ser produzidos com baixos conteúdos de Ca e que o aumento da concentração desse nutriente pode reduzir o potencial de ocorrência de podridão mole no armazenamento e no transporte.

Pagel & Heitefuss (1987) investigaram o papel do Ca e de algumas propriedades da parede celular na susceptibilidade de cultivares de batata à *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica*. O conteúdo dos principais cátions (Ca, Mg e K) analisados nos tubérculos de diferentes cultivares de batata estiveram relacionados com variações no grau de susceptibilidade à *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica*. Tubérculos com alto conteúdo de Ca estiveram correlacionados com um baixo nível de susceptibilidade. Tubérculos maiores mostraram maior incidência de podridão mole em relação aos menores, estes geralmente continham níveis mais baixos de Ca. A porcentagem média de Ca na medula dos diferentes cultivares variou entre 0,11 e 0,24 g kg⁻¹.

O desenvolvimento de necroses dentro do anel vascular de tubérculos de batata tem sido relatado por pesquisadores em diversas regiões produtoras de batata em solos arenosos. Estas necroses têm sido denominadas de diferentes formas: necrose interna pelo calor, necroses internas, mancha parda interna, empardaçamento interno, manchas ferruginosas internas, necroses do tubérculo, pinta parda interna, mancha chocolate ou necrose fisiológica interna. Muitos destes distúrbios fisiológicos, anteriormente relacionados, são

similares e podem referir-se ao mesmo distúrbio (Sterrett & Henninger, 1991).

Tzeng et al. (1986) estabeleceram ensaio com o objetivo de determinar se a ocorrência da “mancha chocolate” no tecido do tubérculo está correlacionada com a concentração de Ca em tubérculos de batata da cultivar Russet Burbank. A concentração de Ca na periderme dos tubérculos, em 1983, variou de 1,3 a 2,3 g kg⁻¹ e a faixa de porcentagem destes tubérculos com mancha chocolate, após sete meses de armazenamento, variou de 5,0 a 42,5 %. A incidência de “mancha chocolate” foi inversamente correlacionada com os níveis de Ca na periderme dos tubérculos ($r = -0,754$ e $r = -0,792$, respectivamente). Em 1984, este mesmo teor variou de 1,0 a 2,2 g kg⁻¹ e observaram correlações semelhantes.

Tanto a severidade, quanto a porcentagem de tubérculos com mancha chocolate variam de ano para ano, em função de: regime hídrico, programa de adubação, época de plantio, cultivares e, muitas vezes, com o teor de Ca nos tubérculos (Fontes, 1999).

Davies & Millard (1985), utilizaram tubérculos desenvolvendo na presença de Ca₄₅, para investigar tanto a distribuição do Ca dentro do tubérculo quanto as proporções entre as formas ativa e inativa. Calcularam que 40 % do Ca do tubérculo penetrou diretamente através da periderme. Os procedimentos do fracionamento químico indicaram que mais de 90 % do Ca do tubérculo pode ser considerado como estando em forma fisiologicamente ativa.

Mondy et al. (1987) estudaram duas fontes diferentes de Mg, o Sal de Epsom (MgSO₄.7H₂O) e a dolomita (MgCO₃ CaCO₃), no escurecimento enzimático e conteúdo de fenóis, lipídios brutos, fosfolipídios e Mg, de batatas da cultivar Kathadin. Os tubérculos provenientes de plantas que receberam Sal de Epsom foram os que sofreram menos descoloração, apresentaram conteúdo mais baixo em fenóis e mais altos de lipídios brutos,

fosfolipídios e Mg. Com a utilização da dolomita os tubérculos tiveram maior escurecimento, apresentaram um conteúdo mais alto de fenóis e menos Mg que os tubérculos testemunha. A fonte de fertilizante magnésiano foi muito importante na qualidade dos tubérculos de batata. A dolomita é muito pouco solúvel em água ($0,011 \text{ g } 100 \text{ ml}^{-1}$), enquanto o Sal de Epsom é muito solúvel ($91 \text{ g } 100 \text{ ml}^{-1}$).

4.4.2 Absorção de cálcio pela batateira

Os tubérculos são órgãos que possuem uma baixa taxa de transpiração e são naturalmente deficientes em Ca. Em média a concentração de Ca nos tubérculos é cinco vezes menor que o Ca contido nos tecidos do caule. O Ca se move juntamente com a água no xilema. Por estar envolto em solo úmido, o tubérculo possui uma transpiração muito menor quando comparado com a parte aérea da planta. Consequentemente acumulam muito menos Ca por unidade de peso úmido do que as folhas. A deficiência de Ca nos tecidos dos tubérculos é sempre maior para batatas cultivadas em solos arenosos, geralmente pobres neste elemento, e com a ocorrência de chuva e irrigação frequente, a água lixivia o Ca para fora da zona de tuberização. O solo que envolve o tubérculo acabará tendo pouco Ca solúvel, especialmente durante a fase final de seu desenvolvimento (Palta, 1997).

Kratzke & Palta (1986) verificaram a existência de raízes basais (na base do caule principal), raízes de junção (no local de inserção dos estolões com a haste principal), raízes dos estolões e raízes dos tubérculos. Constataram que, sob condições de campo, somente as raízes dos estolões e dos tubérculos transportaram água para os tubérculos. Quando utilizaram uma técnica de vasos divididos observaram um aumento de três vezes na

concentração de Ca na periderme do tubérculo e no tecido medular pelo fornecimento de Ca ao estolão e região de tuberização, em relação à sua adição na base do sistema radicular. Com estes resultados concluíram que a concentração de Ca nos tubérculos pode ser elevada pelo seu fornecimento na zona de tuberização e que a localização do Ca é importante para aumentar a sua absorção pelos tubérculos.

A concentração de Ca nos tecidos das plantas é substancialmente maior em leguminosas que em gramíneas e um modelo diferente é observado entre estes dois grupos. Diferenças entre plantas na capacidade de absorver e metabolizar Ca já foi detectada a nível de cultivar para algumas espécies. Sob baixas concentrações externas de Ca o seu conteúdo relativo entre as raízes e a parte aérea da planta permanece constante, enquanto sob alta concentração esta razão aumenta proporcionalmente (Baker, 1983).

Certas espécies de plantas parecem diferir no requerimento absoluto de Ca, até mesmo quando não existe excesso de Al ou outros antagonismos catiônicos (Kamprath & Foy, 1985).

Bamberg et al. (1993) estudaram, em casa de vegetação, a variabilidade no acúmulo de Ca em espécies *Solanum* produtoras de tubérculos, incluindo as cultivadas. Visavam identificar germoplasmas promissores para, no melhoramento, serem utilizados na obtenção de cultivares de batata com grande potencial de acúmulo de Ca. As plantas foram irrigadas com soluções com baixos e altos teores de Ca e verificaram que algumas espécies superaram significativamente as testemunhas, sendo potencialmente promissoras no melhoramento da batateira.

Na comparação entre tubérculos sementes que receberam ou não adição de Ca, em três cultivares: Atlantic, Dark Red Norland e Superior, Palta (1997)

constatou aumento no teor de Ca nas batatas-sementes das cultivares utilizadas. Utilizou duas fontes de Ca e ambas foram eficazes a esse respeito: nitrato de Ca e nitroplus. Para as cultivares Atlantic e Dark Red Norland, a adição de Ca dobrou a porcentagem de tubérculos contendo mais de $0,15 \text{ g kg}^{-1}$ deste nutriente, e constatou-se aumento de produção em função do nitrato de Ca aplicado no ano anterior, sendo que os tubérculos sementes foram cortados e inoculados com *Erwinia carotovora* ssp. *carotovora*. Na cultivar Superior a porcentagem de tubérculos sementes com mais de $0,15 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca teve um incremento menor, de 72 para 90 %, e não houve aumento de produção em função da adição de Ca no ano anterior. Em outro experimento, verificou que as cultivares Atlantic e Burkman mostraram maior incidência e severidade de batata-semente deteriorada em relação às cultivares Superior e Dark Red Norland. Observou que a adição de Ca reduziu a deterioração da batata-semente nas cultivares Atlantic e Dark Red Norland.

4.5 Adubação com cálcio

4.5.1 Fornecimento de cálcio através da calagem

As diferenças na absorção e surgimento de sintomas de deficiência de Ca observados em plantas que se desenvolveram em solos ácidos pode ser resultado das relações Al/Ca, Mn/Ca, ou outros antagonismos catiônicos, e não devido a uma deficiência absoluta de Ca no solo e na planta (Kamprath & Foy, 1985).

Quanto à relação K, Ca e Mg, Jones et al. (1991) verificaram o seguinte em relação a teor nas plantas: a intensidade relativa destes três cátions tem um

comportamento individual, o Ca parece ser menos antagonista para o Mg que para o K, existindo um antagonismo forte e mútuo entre K e Ca, desde que altas concentrações de ambos os nutrientes raramente existem de forma simultânea. O total de cátions em miliequivalentes tende a aumentar com a idade da planta se baixos níveis de K estão presentes, mas para algumas plantas pode ocorrer o inverso, se tanto o K como o Mg estiverem deficientes. No que se refere a teores no solo, a relação “ideal” de cátions proposta por alguns autores: 65 a 75 % de Ca, 10 a 15 % de Mg e 2,5 a 7 % de K, não tem levado a aumento de produtividade. Por outro lado, extremos nesta relação devem ser evitados: deficiências de Ca são pouco prováveis a não ser que a relação Ca/Mg, em miliequivalentes, seja menor que 2/1, e a deficiência de Mg não é provável até esta relação ficar maior que 20/1.

No Estado de São Paulo recomenda-se a calagem para elevar a saturação de bases a 60 %, e para elevar o teor de Mg ao mínimo de 8 mmol_c dm⁻³. Para cultivares mais suscetíveis à deficiência de Ca (Aracy, Baraka, Panda) recomenda-se aplicar fontes solúveis de Ca. Pode ser aplicado até 2 t ha⁻¹ de gesso juntamente com o calcário, ou adubo fosfatado que contenha gesso, como o superfosfato simples (Miranda Filho, 1997).

Quaggio et al. (1985), visando estabelecer curvas de resposta da batateira à calagem e caracterizar as relações entre teores de Mg no solo e seu rendimento, utilizando calcários com diferentes teores de Mg, verificaram que o Ca mostrou-se como um nutriente importante para o crescimento de tubérculos de batata e que a calagem aumentou cerca de 30% a porcentagem de tubérculos graúdos, sendo os calcários mais ricos em Ca mais eficientes que o dolomítico, principalmente nas doses de 3 e 12 t ha⁻¹. No calcário dolomítico, a dose de 3 t ha⁻¹ não foi suficiente para fornecer o Ca necessário para o crescimento dos tubérculos, enquanto na de 12 t ha⁻¹, o antagonismo entre o Ca e o Mg foi provavelmente o

maior responsável pelo menor tamanho dos tubérculos. A porcentagem de tubérculos graúdos esteve estreitamente relacionada com os teores de Ca no solo e, nas menores doses empregadas, com corretivos mais ricos em Ca. Também constataram que o aumento dos teores de Mg no solo contribuiu para a redução na concentração de K nas plantas de batata.

Bianchi et al. (1992) avaliaram as alterações nas propriedades químicas do solo e no rendimento da batata, cultivar Baronesa, pelo uso combinado de calcário e gesso, em um solo laterítico bruno avermelhado distrófico, no Município de Silveira Martins - RS. Não observaram efeito interativo entre calcário e gesso. A dose de 4,9 t ha⁻¹ de calcário determinou aumento de 22% (5 t ha⁻¹) na produção de batata. O gesso não alterou os parâmetros do solo e o rendimento da cultura. O calcário influenciou: pH, Al, Ca e Mg do solo.

Laughlin et al., citados por Smith (1977), estudando o efeito da calagem no teor de nutrientes das folhas e dos tubérculos da batateira, observaram que houve aumento do teor de Ca e redução das concentrações de Mn e Zn nas folhas e nos tubérculos. A calagem reduziu os teores de Al, B, Cu e Fe nas folhas. As concentrações de N nas folhas e de P, K, Al, B, Cu e Fe nos tubérculos não foram influenciadas significativamente pela calagem, mas esta incrementou a absorção de N, P, K, Ca e Mg.

Consorte (1996) estudou o efeito de níveis de calagem (calcário dolomítico) e de adubação com nitrato de amônio revestido com dolomita (nitrocálcio), na produção e aspectos qualitativos da cultivar Aracy (IAC-2), verificou que a calagem reduziu a produção de tubérculos não comerciais e os sintomas de deficiência de Ca nos brotos (necrose sub-apical). Quando inoculados com *Erwinia carotovora* ssp. *carotovora* os tubérculos oriundos de planta que receberam calcário apresentaram redução na quantidade de material

apodrecido. Os tratamentos realizados não influenciaram na produção de tubérculos.

4.5.2 Fornecimento de cálcio através de fontes solúveis

Simmons & Kelling (1987) avaliaram o efeito da aplicação de duas fontes e de vários níveis de Ca no rendimento e qualidade da batata em quatro tipos de solo em Wisconsin. Em geral o rendimento total não foi afetado pelas adições de CaSO_4 . A adição de, aproximadamente, 100 kg ha^{-1} na forma de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ aumentou o rendimento total em $3,6 \text{ t ha}^{-1}$. Em solos de baixa capacidade de troca de cátions e baixo conteúdo de Ca, foram detectadas melhorias no tamanho em geral. Estas melhorias foram acompanhadas por um aumento da sua concentração na periderme, mesmo quando os teores de Ca nos folíolos não foram afetados. O uso de 100 kg ha^{-1} de Ca na forma de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, em combinação com CaSO_4 , foi mais efetivo que o CaSO_4 isoladamente. Em solos com concentrações mais altas de Ca as respostas foram inconsistentes e não houve aumento no seu teor na periderme. Em alguns casos a aplicação de Ca reduziu o teor de K nos folíolos, podendo estar associada com reduções no rendimento.

Simmons et al. (1988) avaliaram o efeito de diferentes fontes de Ca (CaSO_4 peletizado; CaSO_4 granulado; CaSO_4 peneirado, calcário dolomítico, superfosfato triplo e CaCl_2), em diferentes métodos de aplicação (espalhado, cobertura em faixa, faixa em pré-plantio); e de níveis (84 e 336 kg ha^{-1} de Ca), sobre o aumento da concentração de Ca nos tubérculos em dois tipos de solo de Wisconsin, em culturas irrigadas, de 1983 a 1985. Verificaram que a adição de Ca aumentou a porcentagem de tubérculos grandes, reduziu a de pequenos e também o teor de Mg na periderme. O CaSO_4 , em qualquer das formas aplicadas,

mostrou-se efetivo como fonte de Ca. Em média a absorção de Ca foi de 8,5 e 32,9 kg ha⁻¹ nos tubérculos e na parte aérea da planta, respectivamente.

Miranda Filho et al. (1990) estudaram o efeito do Ca, através da calagem e adubação com gesso, na produtividade e qualidade de duas cultivares IAC de batata. Foram utilizadas as cultivares Aracy (IAC-2) suscetível a problemas nutricionais induzidos pelo Ca, e Itararé (IAC-5986), suscetível a podridões. Houve marcante efeito dos tratamentos na velocidade de emergência das plantas, embora não na população final; no desenvolvimento vegetativo e na manifestação de deficiências de nutrientes, influenciando significativamente as produções: total, comercial e de grãos. Não houve uniformidade entre a resposta dos cultivares quanto à fonte de Ca utilizada.

Granja et al. (1990) prosseguindo as análises referentes ao experimento anterior, estudaram o efeito dos tratamentos no teor de matéria seca e porcentual de podridões. Verificaram que acréscimos na suplementação de Ca, através das duas fontes, elevaram significativamente o teor de matéria seca das cultivares, a produção total de matéria seca por área, bem como reduziram a presença de tubérculos com sintomas de podridão mole quando da colheita.

Silva et al. (1991) estudaram a influência do manejo da irrigação, N e gesso, como fonte suplementar de Ca, na qualidade de tubérculos da cultivar Atlantic. A incidência de “mancha chocolate” nos tubérculos variou muito de ano para ano, de 8 a 21%. A incidência mais baixa, em 1989, coincidiu com os níveis mais altos de Ca na periderme dos tubérculos. Nas batatas tratadas com gesso ocorreu menos “mancha chocolate”, porém os efeitos foram parciais e inconsistentes. Aumentos nas concentrações de Ca na periderme dos tubérculos e nos pecíolos, nas parcelas tratadas com gesso, surgiram apenas em um ano. Os

níveis de Ca na periderme pareceram ser mais influenciados pela época e, em menor grau, pela adição de gesso. As aplicações de gesso não afetaram o rendimento, porcentagem de tubérculos grandes, peso específico, coração oco e a cor das batatas fritas à inglesa. Os resultados indicaram não haver benefícios para uma aplicação rotineira de gesso visando melhorar a qualidade do tubérculo.

Sterrett & Henninger (1991) estudaram o efeito de fontes, doses e localização dentro do camalhão de Ca e N na incidência de “mancha chocolate”, produção de tubérculos e peso específico, em cultivares de batata. A porcentagem de tubérculos com “mancha chocolate” foi significativamente alta para a cultivar Atlantic, enquanto sua concentração em Ca foi mais baixa que na cultivar Superior. Níveis mais baixos de Ca foram encontrados nos tubérculos com lesões no tecido medular em relação aos normais. A produção não foi significativamente influenciada pela fonte (carbonato de cálcio - CaCO_3 ou sulfato de cálcio - CaSO_4), e pelas doses de Ca (0 a 1.800 kg ha^{-1}). A dose de Ca não teve influência na distribuição por tamanho. Com uma estação de crescimento curta (menos de 110 dias) a produção não foi influenciada pelas doses de N, que variou de 84 a 252 kg ha^{-1} de N. Entretanto, com a colheita tardia, a produção aumentou e a “mancha chocolate” sofreu ligeira redução com 168 ou 252 kg ha^{-1} , quando comparado com 84 kg ha^{-1} de N. A influência da aplicação de Ca na “mancha chocolate” variou entre os anos, mas a adição de Ca ou N não foi suficiente para diminuir os tubérculos não aproveitáveis devido aos defeitos internos. Teor de Ca ligeiramente maior nas folhas foi encontrado com o uso de CaCO_3 em relação a CaSO_4 . A influência das doses de Ca em suas concentrações nas folhas, periderme e medula, não foram consistentes.

Bartz et al. (1992) estudaram a fertilização com Ca e K na cultura da

batata, em pesquisas de campo conduzidas no norte da Flórida (EUA). Observaram o seu efeito no potencial de desenvolvimento de podridão mole nos tubérculos. Os ensaios desenvolveram-se em solos arenosos por um período de três anos (1984 a 1986). Verificaram que aplicações de gesso (CaSO_4), nas doses de 0, 450 e 900 kg ha^{-1} , não afetaram o potencial bacteriano da podridão mole nos tubérculos. Em cada época a severidade foi afetada por interações incluindo os tratamentos com Ca, sendo que a maioria das interações incluíram a cultivar. Concluíram que a eficiência das aplicações de Ca nas batatas cultivadas, em solos com baixo teor neste elemento, para melhorar a resistência dos tubérculos à podridão mole, pode ser limitada por fatores relacionados ao meio ambiente e a cultivar utilizada.

Palta (1997) estabeleceu o conceito de “nutrição direta” dos tubérculos, considerando que os tubérculos têm que contar com as raízes que estão nas suas proximidades (raízes dos tubérculos, raízes da junção tubérculo-estolão, raízes dos estolões) para extrair água do solo, com a qual se move o Ca. Em função disto determinou os critérios para realização da adubação com Ca: (1) localização - é importante que o Ca seja colocado acima da região onde os tubérculos irão se desenvolver; (2) época - o Ca deve ser fornecido no período de formação dos tubérculos, sendo esse aspecto mais crítico em solos arenosos que são irrigados 2 a 3 vezes por semana; (3) fonte e qualidade - o Ca deve ser fornecido numa forma solúvel em água para facilitar sua absorção pelo tubérculo. Utilizando-se deste conceito e do recurso da fertirrigação, injetou na linha de irrigação duas fontes solúveis de Ca (nitrato de Ca e nitroplus), tendo obtido um aumento efetivo nos teores de Ca nos tubérculos. As aplicações foram parceladas em três épocas (amontoa, três e seis semanas após). Os resultados indicaram aumento no conteúdo de Ca pela aplicação de 113 a 226 kg ha^{-1} de Ca, mesmo num solo que continha nível de Ca suficiente para o desenvolvimento da batateira. Na cultivar

Russet Burbank obteve um concentração média de Ca nos tubérculos entre 0,1 e 0,3 g kg⁻¹, representando cerca de três vezes a concentração de Ca nos tubérculos que não receberam este elemento.

Concentrações de Ca, tanto nos tubérculos como nas folhas, são influenciados por diversos fatores: classe de solo, genótipo, posicionamento do adubo que contém Ca, presença de cátions competitivos como NH₄⁺, K⁺ e Na⁺, condições ambientais e disponibilidade de água. Portanto é difícil prognosticar a eficácia de aplicação de Ca em solos bem supridos desse nutriente, por estar condicionada a interações ainda não completamente entendidas, de fatores associados ao ambiente e/ou genótipo. Por outro lado, em solos de textura média, contendo cerca de 10 a 15 mmol_c dm⁻³ de Ca, a produção e a qualidade do tubérculo da batata, geralmente respondem à aplicação com Ca (Fontes, 1999).

Diferentes respostas têm sido obtidas através da suplementação com Ca, em função das características específicas de cada experimento: clima, solo, cultivar, fontes e doses utilizadas. De uma maneira geral, quando ocorreram respostas, estas surgiram principalmente em aspectos qualitativos dos tubérculos, especialmente: aumento da proporção de tubérculos graúdos, menor incidência de mancha chocolate e de podridão mole (*Erwinia* sp.).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Cultivar utilizada

A cultivar Atlantic tem origem genética proveniente do cruzamento B5141-6 (Lenape) x Wauseon, produzida e selecionada pelo Ministério de Agricultura dos Estados Unidos em 1969. Apresenta as seguintes características agronômicas: alto rendimento, boa aparência, grande adaptabilidade, porém não recomendada para solos arenosos e secos, e sua maturação ocorre entre 90 e 120 dias (ciclo médio). A produção de tubérculos de maior tamanho com coração oco pode ser evitada com adubação moderada, espaçamento mais estreito e controle adequado da irrigação por aspersão. Conteúdo total de glicoalcalóides: baixo, teor em matéria seca: elevado (> 20.5 %) e densidade específica: elevada (Coraspe-Léon, 1995).

Apresenta plantas vigorosas, em geral com três a quatro hastes, grossas e eretas por planta. Os tubérculos são redondos, com película amarela, ligeiramente áspera,

polpa branca e olhos medianamente profundos. É resistente ao crescimento secundário, moderada resistência à rachaduras e à requeima, e suscetível ao coração oco, à pinta preta, murcha bacteriana e viroses, com exceção à PVX. Pelo formato do tubérculo, a cultivar Atlantic é especialmente indicada para fritura na forma de fatias (chips), podendo ser utilizada também para produção de batata palha (Melo, 1999).

5.2 Características dos fertilizantes utilizados nos tratamentos

5.2.1 Nitrato de cálcio - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

Apresenta-se como grânulos brancos. Composto de aproximadamente 15% de N e 28% de CaO. Também conhecido como salitre da Noruega (Malavolta, 1979). O nitrato de Ca utilizado foi fornecido pela Hydro do Brasil e conforme análise química realizada pelo Laboratório de Análise de Fertilizantes e Corretivos da FCA/UNESP, continha 16% de N e 25,9 % de CaO.

5.2.2 Nitroplus 9

Trata-se de um fertilizante líquido obtido industrialmente pela Stoller do Brasil, Divisão Arbore. Segundo Castro^{*}, o Ca está presente em forma complexada, sendo

^{*}CASTRO, J.R.P. (Departamento Técnico da Stoller do Brasil, Cosmópolis - SP). Comunicação pessoal, 1999

que uma das substâncias presentes é o ácido carbâmico ($\text{H}_2\text{N} - \text{COOH}$), contendo todo N na forma amídica e sendo 100 % solúvel em água. O Laboratório de Análise de Fertilizantes e Corretivos da FCA/UNESP constatou que o nitroplus 9 utilizado continha 10,8 % de N total, 10,8 % de Ca e apresentou densidade 1,3 (kg dm^{-3}).

5.2.3 Nitrato de amônio (NH_4NO_3)

Contém em torno de 34% de N, a metade na forma nítrica (17% de N - NO_3^-) e o restante na forma amoniacal (Malavolta, 1979). O Laboratório de Análise de Fertilizantes e Corretivos da FCA/UNESP constatou que o nitrato de amônio utilizado continha 34% de N total. O nitrato de amônio foi utilizado como fonte complementar de N nos tratamentos que receberam nitrato de Ca (para que houvesse predominância de fornecimento do N na forma nítrica).

5.2.4 Uréia - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

Produto sintético, apresenta-se de um modo geral granulado e de cor branca. Contém 45% de N (Malavolta, 1979). O Laboratório de Análise de Fertilizantes e Corretivos da FCA/UNESP, determinou que a uréia utilizada continha 45,6% de N. A uréia perolada foi utilizada como fonte complementar de N nos tratamentos que receberam nitroplus 9, para que todo N fornecido estivesse na forma amídica.

5.2.5 Cloreto de cálcio - CaCl₂

Produto salino, solúvel em água e altamente higroscópico. Utilizado na testemunha 2 por ser uma fonte solúvel de Ca. Geralmente utilizado para fornecer Ca por via foliar. Quando empregado via solo normalmente apresenta efeitos adversos na cultura da batata. O Laboratório de Análise de Fertilizantes e Corretivos da FCA/UNESP constatou que o produto utilizado continha 37,5 % de CaO.

5.3 Local de instalação do experimento

O ensaio foi conduzido no Distrito de Socavão, Município de Castro - PR, dentro de uma área de produção comercial de batata para indústria, arrendada pelo Grupo Massuda, anteriormente sócios da extinta Cooperativa Agrícola de Cotia e atualmente um dos maiores fornecedores para a Elma-Chips do Brasil. A propriedade dista cerca de 35 km do perímetro urbano de Castro - PR, encontrando-se, aproximadamente, nas seguintes coordenadas geográficas: 24° 48' S e 49° 46' WG.

Esta região apresenta clima mesotérmico úmido sem estiagem e temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C, que o caracteriza como do tipo Cfb, no sistema Köppen. A temperatura média anual no local é em torno de 16°C, com pluviosidade média na faixa dos 1600 a 1700 mm anuais. A vegetação natural da área são matas secundárias (zona de araucária), a altitude é de aproximadamente 950 m acima do nível do mar e o relevo é suavemente ondulado com 5 a 15% de declividade.

O solo foi caracterizado como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb

Distrófico latossólico, A proeminente, textura argilosa, fase relevo suavemente ondulado (Embrapa, 1999). Na análise física realizada no Laboratório de Física do Solo da FCA/UNESP revelou, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, 330 g kg⁻¹ de areia, 480 g kg⁻¹ de argila e 190 g kg⁻¹ de silte.

Para melhor caracterizar a área do ensaio, os resultados das análises químicas do solo, já corrigido através da calagem, encontram-se no Quadro 1 (camada arável, 0 a 20 cm de profundidade), realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo da FCA/UNESP, e Quadro 2 (camadas de 20 a 40 cm e de 40 a 60 cm de profundidade), realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Quadro 1 Resultados de análise química do solo na camada de 0 a 20 cm do solo utilizado no experimento. Castro - PR, 1999.

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%	
5,2 ^a	57	36	0,0	42	1,4	50	23	74	116	64

^a Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo da FCA/UNESP, Botucatu – SP, 1999.

Quadro 2 Resultados de análises químicas das camadas de 20 a 40 cm e de 40 a 60 cm de profundidade do solo utilizado no experimento. Castro - PR, 1999.

prof. cm	pH	M.O.	P _(mehlich-1)	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%	
20-40	4,0 ^a	24	3,6	13	121	0,9	9	9	19	140	13
40-60	4,1	17	0,8	8	97	0,8	10	8	19	116	16

^a Análise realizada pelo Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR.

5.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial com dois fatores e duas testemunhas. O fator A, fontes de Ca e N, em dois níveis (1. nitrato de Ca + nitrato de amônio, e 2. nitroplus 9 + uréia), e o fator B, doses de Ca, em cinco níveis (1. 0-0, 2. 25-25, 3. 50-37,5, 4. 75-50 e 5. 100-75 kg ha⁻¹ de Ca, para as fontes 1 e 2, respectivamente). As doses foram diferenciadas dentro das fontes para que nos maiores níveis não excedessem a 83 kg ha⁻¹ de N. O nitrato de amônio e a uréia foram utilizados para balancear o N nos fatores. A dose de 83 kg ha⁻¹ de N foi estabelecida com base na quantidade máxima recomendada (80 kg ha⁻¹) para N em cobertura no Estado de São Paulo (Miranda Filho, 1997). As testemunhas constaram de: 1. Absoluta - ausência de cobertura na amontoa, e 2. 75 kg ha⁻¹ de Ca na forma de CaCl₂ - ausência de N em cobertura.

Quadro 3 Esquema da análise de variância utilizado para as características avaliadas.

Causas de variação	G.L.
Testemunhas*Fatores ⁽¹⁾	1
Entre Testemunhas ⁽²⁾	1
Fator A - fontes de Ca e N	1
Fator B - níveis de Ca	4
Interação - A*B	4
(Tratamentos)	11
Blocos	3
Resíduo	33
Parcelas (total)	47

⁽¹⁾ Fatores (83 kg ha⁻¹ de N associado a diferentes doses de Ca) x testemunhas.

⁽²⁾ Compara ausência de adubação de cobertura com 75 kg de Ca ha⁻¹ na forma de CaCl₂.

Os tratamentos realizados foram os seguintes:

Fatores:

Fonte 1 - nitrato de Ca e nitrato de amônio (como fonte suplementar de N)

- (1) A1B1 - 0 kg ha⁻¹ de Ca, 83 kg ha⁻¹ de N (50% nítrico e 50% NH₄⁺).
- (2) A1B2 - 25 kg ha⁻¹ de Ca, 83 kg ha⁻¹ de N (62,5% nítrico e 37,5% NH₄⁺).
- (3) A1B3 - 50 kg ha⁻¹ de Ca, 83 kg ha⁻¹ de N (75,5% nítrico e 24,5% NH₄⁺).
- (4) A1B4 - 75 kg ha⁻¹ de Ca, 83 kg ha⁻¹ de N (87% nítrico e 13% NH₄⁺).
- (5) A1B5 - 100 kg ha⁻¹ de Ca, 83 kg ha⁻¹ de N (100% nítrico).

Fonte 2 - nitroplus 9 e uréia perolada (como fonte suplementar de N amídico)

- (6) A2B1 - 0 kg ha⁻¹ de Ca, 83 kg ha⁻¹ de N (100% amídico).
- (7) A2B2 - 25 kg ha⁻¹ de Ca, 83 kg ha⁻¹ de N (100% amídico).
- (8) A2B3 - 37,5 kg ha⁻¹ de Ca, 83 kg ha⁻¹ de N (100% amídico).
- (9) A2B4 - 50 kg ha⁻¹ de Ca, 83 kg ha⁻¹ de N (100% amídico).
- (10) A2B5 - 75 kg ha⁻¹ de Ca, 83 kg ha⁻¹ de N (100% amídico).

Testemunhas

- (11) T1 - Absoluta: ausência de adubação de cobertura.
- (12) T2 - Ausência de N em cobertura, 75 kg ha⁻¹ de Ca, como CaCl₂.

5.5 Características da lavoura onde implantou-se o experimento

O experimento foi conduzido dentro de uma área de plantio comercial de batata para indústria de chips, cultivar Atlantic, arrendada para essa finalidade pelo Grupo Massuda, de Castro - PR.

Verificou-se que o solo foi corrigido e adequadamente preparado, tendo sido cultivado com soja na safra anterior. O plantio foi realizado no dia 4 de setembro de 1999 e a emergência das plantas ocorreu entre os dias 20 e 30 de setembro. No plantio foram utilizadas batatas-sementes graúdas conhecidas pelos produtores como “tipo zero” (diâmetro > 60 mm), por estarem acima das peneiras normalmente utilizadas para comercialização de sementes, cujo limite superior é o tipo I (entre 50 a 60 mm de diâmetro). O plantio mecanizado utilizando-se de batatas-sementes grandes e arredondadas (cultivar Atlantic), segundo Katto^{*}, determina pequena desuniformidade no espaçamento entre plantas. O espaçamento utilizado foi 0,75 m entre linhas de plantio e 0,30 m entre plantas.

A adubação de plantio constou da adição de 2.890 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8, em mistura de grânulos, contendo ainda, 0,05 % de boro e 0,2 % de zinco (fabricante: Solorico S.A.). O Laboratório de Análise de Fertilizantes e Corretivos da FCA/UNESP constatou que esta fórmula continha: 5,3 % de N total, 14,9 % de P₂O₅ sol. CNA + H₂O, 8 % de K₂O sol. H₂O, 0,06 % de B e 0,22 % de Zn.

O produtor não realiza adubação de cobertura em áreas de batata para indústria e conforme uma tecnologia já consagrada entre os produtores de batata da região de Castro-PR, especialmente entre os que produzem batata-semente, a amontoa que é realizada através de uma máquina denominada fresadora (funcionamento através de enxadas rotativas acionadas pela TDP), foi realizada de forma antecipada logo após a emergência das plantas, no dia 3 de outubro de 1999.

KATTO, M.K. (Grupo Massuda, Castro - PR). Comunicação pessoal, 1999.

A área foi irrigada com aspersores móveis, que exigem mudança manual, conforme disponibilidade de água e equipamento, não havendo adequado fornecimento de água apenas no início de desenvolvimento da cultura, até aproximadamente 20 DAE (dias após a emergência).

As condições climáticas favoráveis (Quadros 4 e 5) e o rigoroso programa de controle fitossanitário utilizado pelos produtores, determinaram excelente vigor vegetativo da cultura, sem ocorrência significativa de doenças foliares. Os fitoquímicos também proporcionaram um adequado controle de pragas e de plantas daninhas. Outrossim, a produtividade da área, em torno de 40 t ha^{-1} , foi muito acima da média nacional. Um fato que corroborou para este resultado é que as boas condições climáticas e fitossanitárias permitiram que a cultura completasse seu ciclo naturalmente, sendo que a área experimental foi colhida aos 102 DAE.

5.6 Parcelas experimentais

As parcelas experimentais constaram de 6 linhas de plantio com 6 m de comprimento, espaçadas a 0,75 m, totalizando 27 m^2 . A colheita final constou de 4 linhas de plantio com 3 m de comprimento compreendendo aproximadamente 9 m^2 . Esta área não é exata tendo em vista que optou-se por coletar 10 plantas por linha, pois na cultura da batata considera-se, desde que as plantas não estejam muito adensadas, mais importante o número de plantas e de hastes principais na determinação do rendimento por área (Beukema & Zaag, 1990).

Quadro 4 Precipitação pluvial (mm) diária registrada no Município de Castro - PR, no

período de realização do experimento. Castro - PR, 1999/2000*.

dia	setembro	outubro	novembro	dezembro	janeiro
1		0,0	0,0	0,0	16,2
2		4,2	0,0	0,0	0,2
3		5,4	3,8	1,4	2,6
4	0,0 ^a	0,4	0,0	3,2	0,0
5	0,0	0,0	36,8	0,0	11,0
6	0,0	0,0	4,6	0,3	0,0
7	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0
8	0,0	8,6	0,0	8,4	8,8
9	28,4	0,3	0,0	2,2	0,0
10	12,2	0,0	4,0	0,1	4,2 ^b
11	2,0	0,0	0,0	9,9	
12	12,8	0,0	4,0	0,0	
13	0,9	0,0	8,4	15,6	
14	9,3	0,0	0,0	6,4	
15	41,0	0,8	0,2	0,0	
16	0,0	5,8	0,0	0,0	
17	0,0	32,4	0,0	0,0	
18	0,0	2,0	0,0	0,0	
19	0,0	0,0	0,0	1,0	
20	0,0	0,0	0,0	0,0	
21	0,0	0,0	10,0	7,6	
22	0,0	2,2	0,0	3,0	
23	0,0	7,4	1,6	0,0	
24	0,0	0,0	1,6	0,0	
25	0,0	0,0	0,0	0,0	
26	0,0	0,0	0,6	0,0	
27	0,0	0,0	0,2	5,6	
28	0,0	9,2	0,0	24,2	
29	0,0	0,0	0,0	0,0	
30	3,4	0,0	0,0	0,0	
31		0,0		3,4	
total	110,0	78,4	75,8	113,3	43,0

* Obtidas na Estação Meteorológica do Instituto Cristão, localizado próximo a sede do município

^a Data de plantio: 04/09/99

^b Data colheita: 10/01/00

Quadro 5 Temperaturas (°C) mínimas e máximas diárias ocorridas no Município de

Castro - PR, durante a condução do experimento. Castro - PR, 1999/2000*.

	setembro		outubro		novembro		dezembro		janeiro	
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
1			13,0	25,0	10,0	23,0	14,0	27,5	20,0	27,0
2			15,0	31,0	12,0	23,0	14,0	27,0	17,0	23,0
3			8,5	23,0	17,5	24,0	17,0	31,0	14,0	23,0
4	8,0 ^a	31,0 ^a	8,5	10,0	15,0	28,0	17,0	24,0	17,0	23,0
5	13,0	32,0	9,0	12,0	17,5	23,5	13,0	28,5	17,0	27,0
6	13,5	28,5	10,5	19,0	18,0	24,0	15,0	32,0	16,0	29,0
7	14,0	31,0	13,0	18,0	10,0	24,0	14,0	27,0	17,0	31,0
8	16,0	31,0	13,5	21,0	10,0	28,5	14,0	19,0	17,0	28,0
9	15,0	32,0	10,5	23,5	13,5	28,0	14,0	23,0	17,0	25,0
10	9,0	18,0	12,5	23,5	9,0	17,0	17,0	23,0	18,0 ^b	27,0 ^b
11	11,0	14,0	9,0	23,0	9,0	14,5	14,0	23,0		
12	9,0	15,0	14,0	19,5	12,0	18,5	14,0	18,0		
13	13,0	18,0	13,0	23,0	12,0	16,0	15,0	22,0		
14	13,0	23,0	14,0	31,5	13,0	23,0	17,0	24,0		
15	14,0	17,5	15,5	31,0	14,0	23,0	13,5	27,5		
16	5,0	19,5	17,0	31,5	9,5	23,5	10,0	27,5		
17	4,5	19,0	17,0	19,0	9,5	23,0	10,0	28,0		
18	8,0	24,0	14,0	19,0	9,5	23,5	14,5	22,0		
19	13,0	28,0	13,5	23,5	10,0	27,0	16,4	25,0		
20	9,0	27,5	9,5	23,5	13,0	27,0	14,0	31,5		
21	13,0	24,0	10,0	23,0	12,0	23,0	17,5	31,5		
22	9,0	27,0	13,0	27,5	14,0	28,0	14,0	31,5		
23	9,0	19,0	9,5	18,5	12,5	28,0	14,0	23,0		
24	5,0	19,0	9,0	23,5	9,0	27,5	17,5	23,0		
25	9,5	19,0	13,0	23,0	12,5	27,5	14,0	23,0		
26	9,0	24,0	13,0	18,5	13,5	28,0	17,5	23,0		
27	8,0	27,0	13,0	20,0	10,0	23,5	17,5	31,0		
28	13,0	27,0	14,0	19,0	13,0	28,0	14,0	23,5		
29	9,5	28,0	17,0	27,0	13,5	28,0	14,0	31,5		
30	13,5	27,5	13,0	27,5	13,5	27,5	17,0	31,0		
31			13,5	23,0			18,5	31,5		
M ¹	10,6	24,8	12,5	22,6	12,3	24,4	14,9	26,3	16,9	27,1
M*	17,7		17,6		18,4		20,6		22,0	

* Obtidas na Estação Meteorológica do Instituto Cristão, localizado próximo a sede do município

^aData de plantio: 04/09/99

^bData colheita: 10/01/00

M¹ Média das temperaturas mínimas e máximas

M* Média da temperatura mensal

Aos 19, 42 e 69 DAE foram coletadas 4 plantas por parcela totalizando

aproximadamente 2,7 m². Cada amostra de 4 plantas foi retirada da mesma linha, iniciando-se pela mais próxima da bordadura seguindo-se para as linhas mais centrais. Dentro das linhas as amostras foram retiradas numa das extremidades, para manter a integridade da área e das plantas destinadas à colheita final. A parcela útil constou de aproximadamente 11,7 m², com a coleta de 52 plantas (40 aos 102 DAE - colheita final) e o restante da parcela (15,3 m²) permaneceu como bordadura.

5.7 Implantação e condução do experimento

Antes da instalação do experimento foi realizada uma amostragem inicial do solo, cujos resultados podem ser observados no Quadro 1 (0 a 20 cm de profundidade) e no Quadro 2 (20 a 60 cm de profundidade).

O experimento foi implantado no dia 30 de setembro de 1999, na fase final da emergência das plantas, época considerada como 0 DAE. Os adubos sólidos foram aplicados manualmente nos dois lados da linha de plantio, em faixas de aproximadamente 0,2 m ao lado das plantas, sendo a respectiva dose dividida pela metade.

O nitroplus 9 foi aplicado através de pulverizador pressurizado com CO₂, utilizando-se ponta XR80.03 (Spray System do Brasil), calibrado com H₂O para uma vazão de 910 ml minuto⁻¹, com pressão de 1,8 bar (aproximadamente 25 lb pol⁻²). Tendo em vista à densidade do nitroplus 9 (1,3 g dm⁻³) esta vazão foi corrigida em menos 15% (790 ml minuto⁻¹), sendo a dose estabelecida através da velocidade de aplicação (“passada do aplicador”). A pulverização foi realizada em faixas laterais de aproximadamente 25 cm (com altura do bico em torno de 15 cm), em ambos os lados da linha de plantio. A aplicação

foi realizada no final da tarde sob praticamente ausência de vento e temperatura próxima aos 18°C.

O posicionamento dos fertilizantes, sobre o solo e ao lado das plantas, realizando-se em seguida sua incorporação com enxadas rotativas, na operação da amontoa, permitiu que os fertilizantes ficassem posicionados na região de formação dos tubérculos, permitindo que estes absorvessem os nutrientes pelas raízes presentes nos estolões e nos tubérculos, conforme o conceito de “nutrição direta” estabelecido por Palta (1997).

5.8 Retirada de amostras durante o ciclo vegetativo

Aos 19, 42 e 69 DAE foram colhidas 4 plantas por parcela. Foram colhidos os tubérculos, parte aérea e parte das raízes que permaneceram junto às hastes. No laboratório, a parte subterrânea do caule, contendo parte das raízes foram descartadas. A parte aérea foi utilizada, integralmente, para as seguintes avaliações: contagem do número de hastes principais, avaliação da quantidade de matéria seca pelo método da estufa e moagem de uma amostra desta, misturando-se folhas, pecíolos e hastes, visando realização de análise química. Nos tubérculos foram determinados: peso fresco, número de tubérculos menores e maiores que 50 g (com exceção da amostra realizada aos 19 DAE, quando se obteve apenas o número total de tubérculos), porcentagem de matéria seca pelo método da estufa e moagem de amostra desse material para análise química. Em função da realização das análises químicas, tanto a parte aérea como os tubérculos sofreram uma tríplice lavagem: água corrente, água com detergente neutro e água deionizada.

5.9 Colheita

Anteriormente à colheita foram contados os números de hastes principais por parcela. A colheita foi realizada no dia 10 de janeiro de 2000, aos 102 DAE. Os tubérculos foram transportados a um “lavador de batatas” do Município de Castro, onde foram pesados e classificados em 4 peneiras: maiores que 45 mm, entre 42 e 45 mm, entre 38 e 42 mm, e menores que 38 mm. Os tubérculos maiores que 45 mm foram considerados como produção comercial e as demais peneiras, menores que 45 mm, foram agrupadas e pesadas numa única amostra considerada como produção não comercial.

Cinco tubérculos da produção comercial, aproximadamente uniformes, foram utilizados para obtenção da matéria seca em estufa e retirada de amostras para análise química, tendo para isto sofrido o mesmo tipo de lavagem que os tubérculos que foram amostrados anteriormente.

Selecionou-se os dez maiores tubérculos produzidos por parcela para que fossem pesados e cortados verificando-se a ocorrência de defeitos internos, especialmente mancha chocolate e coração oco.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Teor e quantidade de nutrientes na parte aérea

6.1.1 Teor e quantidade de nitrogênio na parte aérea

Pelo Quadro 6 observa-se que as fontes (Ca e N) e as doses (Ca) não afetaram o teor e a quantidade de N na parte aérea. Entretanto, nas amostras realizadas aos 42 e 69 DAE, no que se refere a teor de N e aos 69 DAE em relação à sua quantidade, verificou-se diferença significativa entre a média dos fatores, que receberam 83 kg ha^{-1} de N associado a diferentes doses de Ca e a média das testemunhas que não receberam N em cobertura.

Este aumento do N na parte aérea, especialmente aos 42 DAE é uma resposta favorável ao bom desenvolvimento da cultura pois, segundo Wescott et al. citados por Fontes (1999), um nível elevado de N no pecíolo da batateira no início da tuberização é necessário, já que este declina com o passar do tempo.

Quadro 6 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de N na parte aérea da batateira, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

causas de variação	19 DAE	42 DAE	69 DAE	19 DAE	42 DAE	69 DAE
	F para teor de N na P.A.			F para quantidade de N na P.A.		
test x fat	0,7	4,7*	8,5*	0,3	3,6	7,6**
entre test.	0,1	0,1	0,1	3,1	0,1	0,1
fontes (A)	0,5	2,1	0,5	3,3	3,8	0,8
níveis (B)	1,9	0,6	2,0	0,7	1,4	0,8
inter. AxB	0,7	1,5	0,9	0,4	0,2	1,7
	teor de N na P.A. (g kg^{-1})			quantidade de N na P.A. (kg há^{-1})		
-----fatores (83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x testemunhas-----						
média dos fats.	34,0 ¹	36,0 a	21,3 a	22,6	65,9	31,1 a
média das tests.	35,4	33,0 b	19,1 b	23,5	51,2	25,7 b
-----testemunha absoluta x 75 kg ha^{-1} de Ca (CaCl_2)-----						
test. absoluta	35,8	32,8	19,0	26,3	51,1	25,2
test. com Ca	35,0	33,0	19,3	20,9	51,3	26,2
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----						
fonte 1	33,5	35,1	21,1	21,4	59,7	30,4
fonte 2	34,5	36,7	21,5	23,9	72,2	31,9
-----doses de Ca (kg ha^{-1}) nitrato de Ca – nitroplus 9-----						
(1) 0 – 0	36,9	35,9	20,5	22,9	79,9	31,3
(2) 25 – 25	34,3	35,9	20,0	22,2	62,9	28,4
(3) 50 – 37,5	32,1	35,9	21,9	20,7	66,5	31,9
(4) 75 – 50	31,8	37,4	22,0	23,1	59,9	32,7
(5) 100 – 75	34,9	34,5	21,9	24,3	60,4	31,4
CV %	12,7	10,1	9,0	18,9	31,6	16,9
M geral	34,2	35,4	20,9	22,8	63,5	30,2

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O referido declínio do teor de N na parte aérea pode ser observado nos números da 3ª amostragem, comparando-os com a 1ª e 2ª, tanto para a média das fontes: 34,0; 36,0 e 21,3 g kg⁻¹ de N, aos 19, 42 e 69 DAE, respectivamente, como para a média das testemunhas: 35,4; 33,0 e 19,1 g kg⁻¹ de N aos 19, 42 e 69 DAE, respectivamente.

A diferença verificada aos 69 DAE, entre fatores e testemunhas, concordam com o observado por Wescott et al. citados por Fontes (1999) e com o observado visualmente a nível de campo: quando comparadas com as testemunhas, as parcelas que receberam N apresentaram-se mais enfolhadas e mais verdes, enquanto as parcelas que não receberam N estavam mais amareladas. Dessa forma, o resultado obtido aos 69 DAE, em relação à maior quantidade de N na parte aérea, pode ser atribuído não somente ao maior teor nesse elemento, mas pelo período de crescimento ter se alongado.

O resultado obtido concorda com Lorenz & Tyler, citados por Walworth & Muniz (1993), pois verificaram que os níveis totais de N nas folhas tendem a decrescer, embora não tão rapidamente como os níveis de nitrato. Singh (1993) observou que o teor de N - NO₃⁻ nos tecidos declinou bruscamente de 25 para 60 DAP, em plantas de batata que se desenvolveram em condições de dias curtos no subtropical.

O fato de que, neste trabalho, os teores de N são relativos à toda a parte aérea, não se trata dos números mais adequados para se estabelecer um “status” de N na batateira, pois segundo Jones et al. (1991) a análise de plantas inteiras combinam órgãos que mostram pouca ou nenhuma alteração na sua composição com outros que respondem marcadamente à variação de nutrientes nos substratos, podendo mascarar o efeito da adição de nutrientes. Portanto, torna-se impróprio comparar os resultados obtidos para toda parte

aérea com os verificados através da amostragem de folhas e pecíolos jovens, onde o conteúdo de N é mais elevado.

A média geral dos níveis de N obtidos para a parte aérea da batateira, nas diferentes épocas, estão muito próximos dos níveis mínimos nos intervalos verificados por Walworth & Muniz (1993), para concentração de N nos pecíolos da batateira (entre parênteses os teores obtidos neste experimento): 35 a 70 g kg⁻¹ no início do desenvolvimento (34,2 g kg⁻¹ aos 19 DAE), 14,2 a 60 g kg⁻¹ no meio do ciclo (35,4 g kg⁻¹ aos 42 DAE) e 22,5 a 50 g kg⁻¹ no final do ciclo (20,9 g kg⁻¹ aos 69 DAE). Porém mostram um padrão um pouco diferente, por ter havido um ligeiro acréscimo do início para a metade do ciclo, e decréscimo apenas do meio para o final do ciclo, quando a literatura indica que geralmente o N decresce nos tecidos ao longo do ciclo (Walworth & Muniz, 1993). Por outro lado, este aumento na concentração de N dos 19 para os 42 DAE, ocorreu apenas na média dos fatores, que receberam 83 kg ha⁻¹ de N, concordando com Jones et al. (1991) por terem verificado que os níveis de N nas plantas, que normalmente declinam com a idade, podem ser incrementados pela adição de N em cobertura, porém este aumento é temporário, sendo que em pouco tempo o teor de N volta a cair.

Nos resultados relativos à quantidade de N na parte aérea observa-se um mesmo modelo: aumento com posterior redução, porém mais expressivo, tendo em vista que aos 69 DAE as plantas já haviam perdido parte de sua área foliar.

6.1.2 Teor e quantidade de fósforo na parte aérea

No Quadro 7 observa-se que, com exceção da amostra obtida aos 19 DAE, os tratamentos relativos aos fatores (83 kg ha⁻¹ de N associado a diferentes doses de

Ca) determinaram incrementos no teor e quantidade de P na parte aérea. O N por estimular o desenvolvimento da planta, inclusive do sistema radicular, acaba determinando uma maior absorção dos elementos cuja principal forma de contato com a raiz ocorre principalmente por difusão, como é o caso do P (Malavolta et al., 1989). Este resultado discorda de Jones et al. (1991) por terem verificado que todas as formas de N geralmente reduzem os teores de P nos tecidos das plantas. Embora citem que, num experimento de doses de N na cultura do nabo, o conteúdo de P nas folhas aumentou nas duas primeiras épocas de amostragem, mas decresceu antes da colheita.

Considerando o exposto, o resultado obtido em relação aos fatores pode estar relacionado com as doses de Ca que estiveram associadas ao N, pois segundo Jones et al. (1991) o Ca pode estimular a absorção de P, embora este aumento seja provavelmente limitado a certas fontes e quantidades de Ca, que não aumentem o pH do solo para a faixa de 6,5 a 8,3.

A inexistência de resposta na análise de tecidos da batateira quando do início de seu desenvolvimento vegetativo está de acordo com Vivancos (1984) por ter relatado que a análise de tecidos somente se torna representativa a partir do período de tuberização, pois até esta fase o conteúdo de nutrientes minerais, de uma forma geral, é bastante elevado, inclusive quando a planta se desenvolve em solos deficientes.

Quanto ao efeito de fontes (Ca e N) e de doses (Ca), apenas aos 19 DAE verifica-se que a dose de 25 kg ha⁻¹ de Ca foi superior a de 100-75 kg ha⁻¹, em relação ao teor de P, e que o nitroplus 9 + uréia determinou maiores quantidades de P na parte aérea.

Quadro 7 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de P na parte aérea da batateira, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

	19 DAE	42 DAE	69 DAE	19 DAE	42 DAE	69 DAE
causas de variação	F para teor de P na P.A.			F para quantidade de P na P.A.		
test x fat	0,1	7,9**	13,8**	0,1	7,3**	12,6**
entre test.	0,3	1,5	0,3	0,9	0,1	0,1
fontes (A)	0,4	0,1	2,5	5,2*	3,8	0,3
níveis (B)	2,6	1,8	0,3	0,9	1,2	0,4
inter. AxB	0,1	0,4	1,2	1,0	0,4	1,4
	teor de P na P.A. (g kg^{-1})			quantidade de P na P.A. (kg ha^{-1})		
-----fatores (83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x testemunha -----						
média dos fats.	6,8 ¹	2,8 a	1,2 a	22,3	5,1 a	1,7 a
média das tests.	6,9	2,4 b	1,0 b	22,3	3,8 b	1,3 b
-----testemunha absoluta x 75 kg ha^{-1} de Ca (CaCl_2)-----						
test. absoluta	6,7	2,2	1,0	23,8	3,7	1,3
test. com Ca	7,0	2,6	1,0	20,9	4,0	1,4
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----						
fonte 1	6,7	2,8	1,2	20,7 b	4,7	1,8
fonte 2	6,8	2,9	1,1	23,9 a	5,5	1,7
-----doses de Ca (kg ha^{-1}) nitrato de Ca – nitroplus 9-----						
(1) 0 – 0	6,7 ab	2,6	1,2	21,1	5,6	1,8
(2) 25 – 25	7,3 a	3,0	1,2	22,2	5,3	1,6
(3) 50 – 37,5	6,5 ab	3,0	1,2	20,7	5,5	1,7
(4) 75 – 50	7,0 ab	2,9	1,1	23,1	4,6	1,7
(5) 100 - 75	6,2 b	2,7	1,2	24,3	4,6	1,7
CV %	11,5	14,6	12,2	19,7	25,1	17,7
M geral	6,8	2,8	1,1	22,3	4,9	1,7

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

No primeiro caso, o maior teor de P na parte aérea em função da menor dose de Ca utilizada pode estar relacionado a um maior desenvolvimento da planta, proporcionado por uma maior disponibilidade de K. Mesmo tendo recebido na adubação de plantio quantidade de K₂O próxima do que é recomendado no Estado de São Paulo (231 kg ha⁻¹ de K₂O para uma recomendação de 250 kg ha⁻¹, conforme tabela elaborada por Miranda Filho, 1997), considera-se a referida influência do K no resultado em discussão por tratar-se de um solo com baixos teores de K (entre 0,8 a 1,5 mmol_c dm⁻³, considerados baixos para hortaliças conforme Raij et al., 1997) e pela possibilidade de sinergismo entre Ca²⁺ e K⁺ na absorção deste último pela adição de pequenas quantidades do primeiro (25 kg ha⁻¹) (Malavolta et al., 1989). Entretanto, as fontes (Ca e N) e doses (Ca) não afetaram o teor e a quantidade de K na parte aérea, conforme pode ser observado no Quadro 8.

No Quadro 7, pelas médias gerais obtidas ao longo do ciclo da planta neste experimento, observa-se um declínio das concentrações de P na parte aérea ao longo da estação de crescimento: 6,8; 2,8 e 1,1 g kg⁻¹ de P aos 19, 42 e 69 DAE, respectivamente. Resultados que concordam com Walworth & Muniz (1993) e Fontes (1987) por terem relatado que os níveis de P nos tecidos da batateira decrescem com o desenvolvimento da cultura.

Os resultados médios obtidos para teor de P na parte aérea, com exceção do obtido na amostra realizada aos 69 DAE, se enquadram nas faixas de concentração de P nos pecíolos obtidas por Walworth & Muniz (1993): 2,2 a 7,5 g kg⁻¹ no início do desenvolvimento, 1,5 a 5,0 g kg⁻¹ no meio do ciclo e 1,4 a 5,0 g kg⁻¹ no final do ciclo.

Por ter se amostrado toda a parte aérea da planta, os valores obtidos não são adequados para estimar o “status” em P da planta através da comparação com dados

da literatura. Mas por tratar-se de um solo com teores médios de P_{resina} para hortaliças, entre 25 e 60 mg dm⁻³ (Raij et al., 1997), e pela quantidade de P_2O_5 (405 kg ha⁻¹) adicionada no plantio ser bastante superior ao recomendado no Estado de São Paulo (200 kg ha⁻¹ de P_2O_5), para solos com teores médios de P (Miranda Filho, 1997), considerando-se outrossim, as boas condições climáticas em que as plantas se desenvolveram, é possível estimar que as concentrações obtidas para a parte aérea referem-se a plantas bem supridas em P. Os resultados obtidos aos 19 e 42 DAE concordam com Askew (1992), que estabeleceram como teores de P satisfatórios na parte aérea da batateira em crescimento, valores iguais ou superiores a 2 g kg⁻¹.

6.1.3 Teor e quantidade de potássio na parte aérea

Na comparação entre as quantidades de K entre os fatores (83 kg ha⁻¹ de N associado a diferentes doses de Ca) e as testemunhas (sem N), na 3ª amostra realizada aos 69 DAE, obteve-se maior quantidade de K na parte aérea na média dos fatores (Quadro 8).

Considerando que, na mesma amostra, não houve efeito dos tratamentos em relação ao teor de K na parte aérea, este resultado está, provavelmente, relacionado a uma maior quantidade de matéria seca obtida na parte aérea, sendo que a quantidade de K geralmente é proporcional aos números totais referentes à produção de matéria seca.

Quadro 8 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de K na parte aérea da batateira, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

causas de variação	19 DAE	42 DAE	69 DAE	19 DAE	42 DAE	69 DAE
	F para teor de K na P.A.			F para quantidade de K na P.A.		
test x fat	1,6	0,2	2,8	0,4	1,8	5,6*
entre test.	1,0	2,4	1,0	1,1	0,1	1,0
fontes (A)	0,5	1,9	0,1	1,7	1,4	0,1
níveis (B)	2,1	0,4	0,9	1,9	1,5	0,6
inter. AxB	0,1	0,9	0,7	0,2	0,7	1,9
	teor de K na P.A. (g kg^{-1})			quantidade de K na P.A. (kg ha^{-1})		
-----fatores (83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x testemunhas-----						
média dos fats.	21,3 ¹	13,8	37,7	14,1	24,6	55,3 a
média das tests.	20,4	13,5	32,9	13,6	21,5	44,0 b
-----testemunha absoluta x 75 kg ha^{-1} de Ca (CaCl_2)-----						
test. absoluta	19,8	12,8	30,3	14,4	20,9	39,7
test. com Ca	21,0	14,3	35,5	12,7	22,1	48,3
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----						
fonte 1	21,1	14,1	38,1	13,7	23,5	54,9
fonte 2	21,5	13,5	37,3	14,6	25,8	55,7
-----doses de Ca (kg ha^{-1}) nitrato de Ca – nitroplus 9-----						
(1) 0 - 0	21,1	13,3	38,5	13,4	28,5	58,9
(2) 25 - 25	21,5	14,0	39,4	14,1	24,1	55,0
(3) 50 - 37,5	21,4	13,9	35,9	13,5	25,3	52,3
(4) 75 - 50	22,4	13,9	34,4	16,0	21,4	51,9
(5) 100 - 75	19,9	13,8	40,4	13,7	23,9	58,5
CV %	8,4	10,1	20,2	16,0	25,3	23,2
M geral	21,1	13,7	36,9	14,0	24,1	53,4

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Hipótese corroborada pelo observado visualmente durante a obtenção das amostras aos 69 DAE, quando verificou-se que as parcelas referentes às testemunhas estavam um pouco mais amareladas e com pequena redução da área foliar em comparação com as parcelas referentes aos fatores, cuja parte aérea se apresentava mais verde e enfolhada devido a, provavelmente, uma maior longevidade da planta proporcionada pelo N contido nos fatores.

As médias gerais da concentração de K na parte aérea foram de 21,1; 13,7 e 36,9 g kg⁻¹ de K aos 19, 42 e 69 DAE, respectivamente. O aumento da concentração de K aos 69 DAE discorda de Walworth & Muniz (1993) por terem verificado que o teor de K nos tecidos decresceu ao longo do desenvolvimento da planta durante o ciclo vegetativo.

Os valores obtidos para teor de K na parte aérea da batateira são bastante inferiores aos considerados suficientes para lâmina foliar (Lorenz & Tyler, citados por Walworth & Muniz (1993): 50, 35 e 25 g kg⁻¹ de K no início, metade e final do ciclo, respectivamente. Mesmo considerando que o teor de nutrientes na parte aérea não é o melhor indicador do “status” da planta em K, mas ponderando-se este aspecto com: tratar-se de plantas que se desenvolveram em solo com baixas concentrações de K e elevadas concentrações de Ca e Mg, tendo recebido adubação potássica em quantidade um pouco abaixo do recomendado pela pesquisa e quantidades adicionais de Ca na maior parte dos tratamentos, sendo que em parte deles também houve adição de NH₄⁺, é possível estimar que as concentrações de K obtidas na média geral deste experimento referem-se a plantas com “status” em K médio ou baixo, bem como dão suporte à hipótese de que os benefícios que poderiam ser obtidos com a adição de Ca podem ter sido limitados por uma possível falta de

K.

Askew (1992) estabeleceu para teor de K na parte aérea da batateira, no estágio de crescimento vegetativo, que este é satisfatório quando igual ou maior de 20 g kg^{-1} e deficiente quando menor que 15 g kg^{-1} . Por este critério apenas a média geral obtida aos 42 DAE ($13,7 \text{ g kg}^{-1}$) é considerada insatisfatória, enquanto que aos 19 DAE ($21,1 \text{ g kg}^{-1}$) os teores podem ser satisfatórios por tratar-se de planta em início de desenvolvimento e, também, considerando-se a adubação com K realizada no plantio. Aos 69 DAE, o teor relativamente alto obtido para o K ($36,9 \text{ g kg}^{-1}$) pode ter surgido pelas condições das plantas na época da amostragem e não representar “status” elevado do nutriente, pois quando coletadas já haviam perdido parte da área foliar, aumentando proporcionalmente o tecido de nervuras, pecíolos e hastes, normalmente mais ricos em K.

6.1.4 Teor e quantidade de cálcio na parte aérea

Pelo Quadro 9 observa-se diferença do teor de Ca na parte aérea aos 19 DAE entre as fontes de Ca e N, sendo que a fonte nitrato de Ca + nitrato de amônio determinou valores maiores que o nitroplus 9 + uréia. Este resultado pode ter acontecido em função da quantidade total de Ca utilizada na forma de nitrato ser um pouco maior, 250 kg ha^{-1} contra $187,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca da fonte nitroplus 9. Outro aspecto a ser considerado é uma possível inibição competitiva do NH_4^+ com o Ca^{2+} na utilização de fontes amídicas (nitroplus 9 + uréia).

Quadro 9 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de Ca na parte aérea da batateira, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

	19 DAE	42 DAE	69 DAE	19 DAE	42 DAE	69 DAE
causas de variação	F para teor de Ca na P.A.			F para quantidade de Ca na P.A.		
test x fat	0,3	2,0	0,2	0,1	3,3	1,3
entre test.	0,1	2,9	0,1	1,8	0,3	0,1
fontes (A)	6,3*	0,4	4,0	0,8	1,6	0,4
níveis (B)	1,2	2,9*	1,1	1,4	1,2	1,0
inter. AxB	1,2	0,3	0,1	0,4	1,0	1,6
	teor de Ca na P.A. (g kg^{-1})			quantidade de Ca na P.A. (kg ha^{-1})		
-----fatores (83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x testemunhas-----						
média dos fats.	58,4 ¹	85,8	24,2	39,6	153,4	35,5
média das tests.	56,9	78,8	24,6	39,3	126,0	33,0
-----testemunha absoluta x 75 kg ha^{-1} de Ca (CaCl_2)-----						
test. absoluta	57,8	71,0	24,8	43,3	118,7	32,5
test. com Ca	56,0	86,5	24,5	35,3	133,3	33,1
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----						
fonte 1	61,5 a	87,1	25,0	40,8	145,6	36,1
fonte 2	55,4 b	84,5	23,4	38,4	161,1	34,9
-----doses de Ca (kg ha^{-1}) nitrato de Ca – nitroplus 9-----						
(1) 0 – 0	55,3	73,6 b	23,8	35,3	157,1	36,6
(2) 25 - 25	61,8	86,9 ab	23,3	41,4	152,5	32,5
(3) 50 - 37,5	57,4	94,6 a	25,0	37,7	176,0	36,5
(4) 75 - 50	61,3	88,4 ab	25,3	44,4	137,1	37,7
(5) 100 - 75	56,4	85,4 ab	23,6	39,2	144,3	34,2
CV %	13,2	15,1	10,2	21,1	26,2	17,0
M geral	58,2	84,6	24,3	39,6	148,8	35,0

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Este resultado concorda com Jones et al. (1991) por terem verificado que a adição do amônio restringe a absorção de cátions, podendo levar à deficiência de Ca e que, sintomas de falta de Ca podem ocorrer se o amônio é a fonte primária de N. Esta resposta significativa quanto ao teor de Ca, não aconteceu em relação à quantidade de Ca, sugerindo que possa ter havido efeito diluição, pelas plantas terem se desenvolvido mais quando receberam nitroplus 9 + uréia, o que concorda com Jones et al. (1991) por terem verificado que o fornecimento de N, pelo maior crescimento da planta, pode reduzir seu teor em Ca (diluição).

Aos 42 DAE observa-se que a doses de 50-37,5 kg ha⁻¹ de Ca foram superiores à testemunha, indicando que a adição de Ca pelo solo pode aumentar os seus teores na parte aérea, especialmente na fase inicial de crescimento da batateira. Conforme observação visual, este ensaio sofreu pequeno déficit hídrico no início de seu desenvolvimento, sendo que este aumento do teor de Ca na parte aérea aos 42 DAE, sugere concordância com os dados obtidos por Palta (1997) por ter constatado aumento das concentrações foliares de Ca em plantas que sofreram estresse por calor e seca.

Este resultado também pode estar relacionado com as características do solo utilizado, que embora esteja com a camada arável (0 a 20 cm) corrigida, logo abaixo desta o solo apresenta-se muito mais pobre em Ca (Quadro 2), indicando maiores possibilidades de benefícios pela sua adição.

Os resultados médios neste experimento para teor de Ca na parte aérea: 58,2; 84,6 e 24,3 g kg⁻¹ de Ca aos 19, 42 e 69 DAE, respectivamente, tendo em vista à menor concentração de Ca obtida aos 69 DAE, mostram um modelo um pouco diferente do esperado,

pois para o Ca há uma tendência de seus níveis aumentarem com o desenvolvimento da batateira, tanto para os pecíolos como para a parte aérea da planta (Walworth & Muniz, 1993). Aos 69 DAE as plantas já haviam perdido parte de sua área foliar, reduzindo a proporção entre limbo foliar (mais rico em Ca) e pecíolos-hastes, o que explica o resultado obtido.

Segundo Walworth & Muniz (1993), o Ca total nos pecíolos, na metade da estação de crescimento da planta, apresenta valores entre 4 e 25 g kg⁻¹. Por serem números bastante inferiores aos obtidos neste experimento para a parte aérea da planta, mesmo considerando as restrições dessa comparação, sugerem plantas bem supridas em Ca. Resultado que pode ter sido proporcionado pelas características do solo utilizado, pela fertilização com Ca e condições climáticas adequadas.

Miranda Filho (1997) recomenda a adição de Ca (2 t ha⁻¹ de CaSO₄) quando do plantio de cultivares exigentes em Ca (Aracy, Baraka, Panda). Os resultados obtidos aos 42 DAE concordam com Palta (1997) por ter verificado que a cultivar Atlantic foi bastante responsiva ao Ca.

6.1.5 Teor e quantidade de magnésio na parte aérea

Pelo Quadro 10 observa-se que, aos 42 e 69 DAE, a média dos teores e quantidades de Mg na parte aérea proporcionada pelos fatores, onde houve fornecimento de N e Ca, foi maior em relação à média das testemunhas. O fornecimento de N, determinando maior desenvolvimento da planta, e o de Ca, que dependendo da quantidade pode determinar aumento na absorção de cátions (Malavolta et al.,1989), podem ter sido determinantes para este resultado.

Quadro 10 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de Mg na parte aérea (P.A.) da batateira, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

	19 DAE	42 DAE	69 DAE	19 DAE	42 DAE	69 DAE
causas de variação	F para teor de Mg na P.A.			F para quantidade de Mg na P.A.		
test x fat	0,1	6,5*	8,0*	0,1	5,3*	7,0*
entre test.	1,1	4,7*	0,2	0,4	0,5	0,1
fontes (A)	7,9**	0,4	7,3*	0,8	1,9	0,5
níveis (B)	1,3	1,6	1,5	1,7	0,8	0,9
inter. AxB	0,3	0,2	0,1	0,2	0,6	1,2
	teor de Mg na P.A. (g kg^{-1})			quantidade de Mg na P.A. (kg ha^{-1})		
-----fatores (83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x testemunhas-----						
média dos fats.	7,6 ¹	11,6 a	13,7 a	5,2	20,9 a	20,2 a
média das tests.	7,5	10,1 b	12,4 b	5,2	16,1 b	16,5 b
-----testemunha absoluta x 75 kg ha^{-1} de Ca (CaCl_2)-----						
test. absoluta	7,2	8,8 b	12,6	5,4	14,8	16,6
test. com Ca	7,8	11,3 a	12,2	5,0	17,5	16,4
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----						
fonte 1	8,0 a	11,8	14,2 a	5,3	19,8	20,6
fonte 2	7,2 b	11,5	13,2 b	5,0	22,1	19,8
-----doses de Ca (kg ha^{-1}) nitrato de Ca – nitroplus 9-----						
(1) 0 - 0	7,3	10,5	13,2	4,7	22,6	20,3
(2) 25 - 25	7,9	11,8	13,4	5,3	20,7	18,8
(3) 50 - 37,5	7,3	12,3	13,8	4,8	22,7	20,6
(4) 75 - 50	8,0	12,0	14,6	5,8	18,8	22,0
(5) 100 - 75	7,4	11,6	13,6	5,2	20,0	19,6
CV %	11,9	14,0	9,2	19,2	26,8	18,3
M geral	7,6	11,4	13,5	5,2	20,1	19,5

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 19 DAE não houve diferença nestes parâmetros, confirmando outros trabalhos (Vivancos, 1984; Walworth & Muniz, 1993) por terem verificado que as análises de tecidos devem ser realizadas num estágio mais avançado de desenvolvimento das plantas.

Por outro lado, observa-se que aos 19 e 69 DAE (Quadro 10), que a fonte 1 (nitrato de Ca + nitrato de amônio) foi superior à fonte 2 (nitroplus 9 + uréia) em relação ao teor de Mg na parte aérea. Uma provável competição entre NH_4^+ e Mg^{2+} tende a ser o fator predominante neste resultado, corroborando com Jones et al. (1991) os quais verificaram que o N nítrico determinou maiores concentrações de Mg no tecido das plantas.

Aos 42 DAE observa-se que a utilização de 75 kg ha^{-1} de Ca, na forma de CaCl_2 (testemunha 2), aumentou o teor de Mg na parte aérea em relação à testemunha absoluta, considerando que o par iônico CaCl é o que mais caminha no perfil do solo, este resultado pode ter sido determinado por uma redução do Ca e aumento do Mg, na relação Ca/Mg da camada arável do solo.

No que se refere às doses de Ca empregadas verifica-se que estas não influíram no teor e quantidade de Mg na parte aérea da batateira (Quadro 10).

As médias gerais obtidas neste experimento: 7,6; 11,4 e $13,5 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg aos 19, 42 e 69 DAE, respectivamente, mostram um discreto aumento das concentrações de Mg conforme a batateira vai se desenvolvendo, sendo que Hawkins, citado por Walworth & Muniz (1993), verificou que as concentrações de Mg em plantas inteiras, mudaram muito pouco ao longo da estação de crescimento.

Kelling, citado por Walworth & Muniz (1993), considerou como adequados, para folhas inteiras na metade da estação de crescimento, valores entre

2,6 e 12,5 g kg⁻¹ de Mg. Tendo em vista que a média geral do experimento, aos 42 DAE, foi de 11,4 g kg⁻¹ de Mg na parte aérea da batateira e, considerando as demais condições em que este ensaio se desenvolveu, os valores obtidos sugerem plantas bem supridas em Mg. Resultado que concorda com Askew (1992) por ter estabelecido que teores de Mg iguais ou superiores a 1 g kg⁻¹ na parte aérea da batateira, no estágio de crescimento vegetativo, podem ser considerados satisfatórios.

6.1.6 Teor e quantidade de enxofre na parte aérea

A influência dos tratamentos no teor e quantidade de S na parte aérea da batateira pode ser verificada no Quadro 11, onde constata-se que na amostra obtida aos 42 DAE, a adição de 75 kg ha⁻¹ de Ca na forma de CaCl₂ aumentou o teor de S na parte aérea em relação à testemunha absoluta. Esse resultado sugere que houve um possível efeito benéfico do Ca na absorção de S, contrariando a principal expectativa de influência da adição de CaCl₂, pois a presença de Cl⁻ pode inibir, competitivamente, a absorção de SO₄⁻² (Malavolta et al.,1989).

Os fatores (83 kg ha⁻¹ de N associado a diferentes doses de Ca) não determinaram diferença em relação às testemunhas. Outrossim observa-se que não houve efeito significativo de fontes (Ca e N) e doses (Ca) no teor e quantidade de S na parte aérea.

Quadro 11 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de S na parte aérea da batateira, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

	19 DAE	42 DAE	69 DAE	19 DAE	42 DAE	69 DAE
causas de variação	F para teor de S na P.A.			F para quantidade de S na P.A.		
test x fat	1,9	0,3	0,7	0,7	1,9	2,4
entre test.	1,6	4,9*	0,1	0,5	0,8	0,1
fontes (A)	2,4	0,5	3,2	3,0	3,7	0,5
níveis (A)	0,7	2,2	1,3	0,9	1,4	1,2
inter. AxB	0,3	1,1	2,8*	0,1	0,2	1,7
	teor de S na P.A. (g kg^{-1})			quantidade de S na P.A. (kg ha^{-1})		
-----fatores (83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x testemunhas-----						
média dos fats.	6,4 ¹	4,4	3,1	4,3	7,9	4,5
média das tests.	6,8	4,3	2,9	4,5	6,8	4,0
-----testemunha absoluta x 75 kg ha^{-1} de Ca (CaCl_2)-----						
test. absoluta	6,5	3,7 b	3,0	4,8	6,1	4,0
test. com Ca	7,1	4,8 a	2,9	4,3	7,5	3,9
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----						
fonte 1	6,3	4,3	3,2	4,1	7,3	4,6
fonte 2	6,6	4,5	2,9	4,5	8,6	4,4
-----doses de Ca (kg ha^{-1}) nitrato de Ca – nitroplus 9-----						
(1) 0 – 0	6,6	4,0	3,0	4,1	8,7	4,7
(2) 25 – 25	6,7	4,7	2,9	4,4	8,2	4,1
(3) 50 - 37,5	6,2	4,8	3,1	3,9	8,8	4,5
(4) 75 – 50	6,5	4,6	3,3	4,7	7,1	5,0
(5) 100 – 75	6,2	4,0	2,9	4,3	6,8	4,2
CV %	11,0	16,9	13,1	18,5	27,7	20,9
M geral	6,5	4,4	3,0	4,3	7,7	4,4

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O desdobramento da interação ocorrida aos 69 DAE para teor de S na parte aérea, pode ser observado no Quadro 12, onde verifica-se que o nitrato de Ca + nitrato de amônio, na dose de 75 kg ha⁻¹ de Ca, aumentou os teor de S na parte aérea em relação às doses de 25 e 100 kg ha⁻¹ de Ca. Nessas mesmas doses (75 kg ha⁻¹ de Ca na forma de nitrato e 50 kg ha⁻¹ de Ca como nitroplus 9), o nitrato de Ca determinou maior teor de S na parte aérea em relação ao nitroplus 9, sendo que dentro desta última fonte não houve diferenças entre as doses utilizadas. De uma forma geral os resultados obtidos discordam de Jones et al. (1991) por terem observado efeito sinérgico da adubação nitrogenada no teor de S dos tecidos e, outrossim, que o N nítrico geralmente determina menores concentrações de S.

Quadro 12 Desdobramento da interação ocorrida entre os fatores, aos 69 DAE, para teor de S na parte aérea da batateira. Castro - PR, 1999/2000.

	teor de S na parte aérea (g kg ⁻¹)				
	-----níveis de Ca (B) (kg ha ⁻¹)-----				
fontes de Ca e N (A)	B1	B2	B3	B4	B5
	0 - 0	25-25	50 - 37,5	75 - 50	100 - 75
A1 - nitrato de Ca	3,3 abA ¹	2,9 bA	3,2 abA	3,8 aA	2,8 bA
A2 – nitroplus 9	2,8 aA	3,0 aA	3,0 aA	2,9 aB	3,1 aA

¹ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula dentro da linha e maiúscula na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

6.2 Teor e quantidade de nutrientes nos tubérculos

6.2.1 Teor e quantidade de nitrogênio nos tubérculos

De forma semelhante ao obtido na parte aérea, observa-se no Quadro 13 que, na comparação entre os fatores (com 83 kg ha^{-1} de N associado a diferentes doses de Ca) em relação às testemunhas, aos 69 DAE, os fatores determinaram maior teor de N nos tubérculos e na colheita final (102 DAE) incrementaram tanto os teor como a quantidade de N nos tubérculos.

O fornecimento de 75 kg ha^{-1} de Ca, na forma de CaCl_2 aumentou o teor de N nos tubérculos em relação à testemunha absoluta. O CaCl_2 , por ter o par iônico que mais caminha no perfil do solo, pode ter determinado melhorias na relação Ca:Mg ou Ca:K na camada arável. As características do solo utilizado também sugerem um melhor desenvolvimento das raízes abaixo da camada arável (0 a 20 cm) pela presença de maior quantidade de Ca. Estes aspectos podem ter permitido maior desenvolvimento da planta e maior absorção de N.

O aumento do teor de N nos tubérculos pela adição de CaCl_2 está de acordo com Jones et al. (1991), por terem verificado que a adição de Ca através de fontes que não modificam o pH de um solo ácido também pode ter um efeito benéfico no teor de N na planta por aumentar os níveis de fixação biológica e por reduzir os efeitos nocivos do excesso de metais pesados, embora haja pouca probabilidade de terem ocorrido neste experimento pelas características da cultura da batata e do solo utilizado.

Quadro 13 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de N nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

causas de variação	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita
	F para teor de N nos tubérculos				F para quant. de N nos tubérculos			
test x fat	0,5	0,1	7,7**	7,6**	0,9	0,3	3,0	12,4**
entre test	1,1	1,9	4,2*	0,3	0,1	1,7	0,1	0,1
fontes (A)	0,6	1,5	0,5	0,3	1,4	2,1	1,7	0,1
níveis (B)	0,1	0,3	1,1	0,8	0,3	2,2	1,9	1,0
AxB	0,9	0,1	1,7	1,2	0,3	0,5	3,6*	0,7
	teor de N nos tubs. (g kg^{-1})				quantidade de N nos tubs. (kg ha^{-1})			
-----fatores(83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x testemunhas-----								
M dos fats.	24,0 ¹	13,6	15,6 a	15,0 a	6,9	71,2	164,2	168,4 a
M das tests.	24,8	13,8	14,6 b	13,5 b	7,7	68,9	149,5	146,9 b
-----testemunha absoluta x 75 kg ha^{-1} de Ca (CaCl_2)-----								
test. absoluta	23,8	14,5	14,0 b	13,3	7,9	74,0	145,5	148,3
test. com Ca	25,8	13,0	15,3 a	13,8	7,6	63,7	151,5	145,5
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----								
fonte 1	23,7	13,3	15,7	14,9	7,3	68,6	169,0	168,8
fonte 2	24,3	13,9	15,5	14,7	6,4	73,8a	159,4	168,1
-----doses de Ca (kg ha^{-1}) nitrato de Ca – nitroplus 9-----								
(1) 0 – 0	24,1	13,1	15,4	14,9	6,3	75,2	171,8	174,5
(2) 25 – 25	24,4	13,8	15,6	15,1	6,9	61,3	147,9	167,6
(3) 50 - 37,5	23,5	13,5	15,1	14,9	6,9	70,2	157,1	164,4
(4) 75 – 50	23,8	13,8	16,0	15,0	7,5	75,1	175,6	173,6
(5) 100 - 75	24,1	13,9	15,6	14,1	6,7	74,1	168,5	162,0
CV %	11,4	11,3	5,6	8,3	32,9	16,0	14,5	9,6
M geral	24,1	13,6	15,4	14,6	7,0	70,8	161,6	164,8

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 69 DAE ocorreu interação entre fontes e doses para quantidade de N nos tubérculos, conforme pode ser verificado no Quadro 14, onde constata-se que, dentro da fonte 1 (nitrato de Ca + nitrato de amônio), a dose de 100 kg ha⁻¹ foi superior a de 25 kg ha⁻¹, enquanto que na fonte 2 (nitroplus 9 + uréia) não houve diferenças entre as doses. Nas maiores doses de Ca (100 kg ha⁻¹ de Ca como nitrato de Ca e de 75 kg ha⁻¹ de Ca como nitroplus 9) o nitrato de Ca determinou maior quantidade de N nos tubérculos.

Quadro 14 Desdobramento da interação entre os fatores, aos 69 DAE, para quantidade de N nos tubérculos. Castro - PR, 1999/2000.

fontes de Ca e N (A)	quantidade de N nos tubérculos (kg ha ⁻¹)				
	-----níveis de Ca (B) - kg ha ⁻¹ -----				
	B1	B2	B3	B4	B5
	0 - 0	25-25	50 - 37,5	75 - 50	100 - 75
A1 - nitrato de Ca	168,2 abA ¹	145,6 bA	171,6 abA	163,9 abA	195,7 aA
A2 - nitroplus 9	175,3 aA	150,2 aA	142,7 aA	187,3 aA	141,3 aB

¹ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula dentro da linha e maiúscula na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De uma maneira geral a extração de N pelos tubérculos está em torno de 4 kg t⁻¹ (Fontes, 1987). Neste experimento a extração de N foi de 3,2 kg t⁻¹ de tubérculos nas parcelas referentes aos fatores (83 kg ha⁻¹ de N associado a diferentes doses de Ca) e de 2,9 kg t⁻¹ nos tubérculos das testemunhas.

Os teores médios de N nos tubérculos dos fatores, que receberam N + Ca, foram (entre parênteses as médias das testemunhas): 24,0 (24,8); 13,6 (13,8); 15,6 (14,6)

e 15,0 (13,5) g kg⁻¹ de N aos 19, 42, 69 e 102 DAE, respectivamente. Tendo havido redução dos 19 para os 42 DAE e após isto se mantiveram aproximadamente constantes. Aos 69 e 102 DAE, inversamente ao ocorrido nas avaliações iniciais, os teores foram maiores nos tratamentos que receberam N. Os valores observados entre os 19 e os 42 DAE concordam com Vivancos (1984) e Walworth & Muniz (1993), por terem constatado que o teor de N nos tubérculos geralmente declinam conforme avança o desenvolvimento vegetativo da batateira.

As médias obtidas para teor de N nos tubérculos, estão bastante próximas do resultado verificado por Jackson & Haddock, citados por Walworth & Muniz (1993): 17,5 g kg⁻¹ de N para tubérculos em início de desenvolvimento e 13,8 g kg⁻¹ de N para tubérculos no final do ciclo.

A concentração de N nos tubérculos aos 42 DAE foi menor quando comparada com as demais épocas amostradas, enquanto resultado oposto foi obtido neste experimento para teor de N na parte aérea da batateira (Quadro 6).

6.2.2 Teor e quantidade de fósforo nos tubérculos.

No Quadro 15 verifica-se que aos 69 DAE, tanto em teor como em quantidade de P nos tubérculos, a fonte 1 (nitrato de Ca + nitrato de amônio) foi superior à fonte 2 (nitroplus 9 + uréia). Este resultado pode ter surgido por diferentes influências nutricionais. A primeira, mais provável, por seu efeito em aumentar o pH, o nitrato de Ca pode ter favorecido a absorção de P (Malavolta, 1980). Este resultado discorda de Jones et al. (1991) por terem verificado que a adição de N nítrico reduz a concentração de P nas plantas.

Quadro 15 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de P nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

causa de variação	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita
	F para teor de P nos tubérculos				F para quant. de P nos tubérculos			
test x fat	0,3	0,5	1,2	0,1	0,4	2,0	1,2	3,7
entre test	0,1	2,3	2,9	1,4	0,4	2,5	0,5	3,4
fontes (A)	0,5	0,6	7,1*	0,2	2,2	0,9	4,2*	0,4
níveis (B)	2,0	1,6	0,8	1,0	1,0	2,6	1,5	1,0
AxB	0,4	1,5	2,1	1,0	0,2	1,3	3,2*	0,3
	teor de P nos tubs. (g kg^{-1})				quantidade de P nos tubs. (kg ha^{-1})			
-----fatores (83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x testemunhas-----								
M dos fats.	4,2 ¹	2,0	1,4	1,7	1,2	10,4	15,1	19,2
M das tests.	4,1	1,9	1,4	1,7	1,3	9,6	14,0	18,0
-----testemunha absoluta x 75 kg ha^{-1} de Ca (CaCl_2)-----								
test. absoluta	4,2	2,0	1,3	1,7	1,4	10,4	13,3	19,0
test. com Ca	4,1	1,8	1,5	1,6	1,3	8,8	14,7	17,0
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----								
fonte 1	4,2	1,9	1,5 a	1,7	1,3	10,2	15,9 a	19,0
fonte 2	4,2	2,0	1,4 b	1,7	1,1	10,6	14,2 b	19,3
-----doses de Ca (kg ha^{-1}) nitrato de Ca – nitroplus 9-----								
(1) 0 - 0	4,2	1,9	1,4	1,7	1,1	11,2	15,8	19,4
(2) 25 - 25	4,2	2,1	1,4	1,6	1,2	9,4	13,6	18,3
(3) 50 - 37,5	4,4	1,8	1,4	1,7	1,3	9,7	14,5	19,1
(4) 75 - 50	4,3	2,0	1,5	1,7	1,4	10,9	16,4	19,8
(5) 100 - 75	3,9	1,9	1,4	1,7	1,1	10,5	15,0	19,3
CV %	9,6	9,6	8,8	7,1	32,8	13,4	17,1	8,1
M geral	4,2	1,9	1,4	1,7	1,3	10,2	14,9	19,0

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A segunda pode estar relacionada ao solo utilizado, bem corrigido na camada arável mas que é menos fértil abaixo desta, inclusive com teores bastante inferiores de Ca (Quadro 2). Tendo em vista que a quantidade total de Ca adicionada na forma de nitrato (250 kg ha^{-1}) foi um pouco maior que sua adição como nitroplus 9 ($187,5 \text{ kg ha}^{-1}$), bem como pelo primeiro ser um sal facilmente dissociável, sugere que o Ca^{2+} possa ter sido carregado para as camadas mais profundas do solo, possibilitando maior crescimento radicular da batateira e maior absorção de P.

No Quadro 16 verifica-se o desdobramento da interação entre os fatores para quantidade de P nos tubérculos, ocorrida aos 69 DAE, onde constata-se que dentro das doses de $100\text{-}75 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca, o nitrato de Ca (100 kg ha^{-1}) foi superior ao nitroplus 9 (75 kg ha^{-1}). O N nítrico foi utilizado integralmente como fonte de N no nível 5 e elevou significativamente o pH do solo (Quadro 35), o que pode ter favorecido a absorção de P (Malavolta et al., 1989).

Quadro 16 Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para quantidade de P nos tubérculos. Castro - PR, 1999/2000.

	quantidade de P nos tubérculos (kg ha^{-1})				
	-----níveis de Ca (B) - kg ha^{-1} -----				
	B1	B2	B3	B4	B5
fontes de Ca e N (A)	0 - 0	25-25	50 - 37,5	75 - 50	100 - 75
A1 - nitrato de Ca	16,3 aA ¹	14,1 aA	16,2 aA	15,0 aA	17,8 aA
A2 - nitroplus 9	15,3 abA	13,1 abA	12,7 bA	17,9 aA	12,2 bB

¹ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula dentro da linha e maiúscula na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A exportação de P pelos tubérculos geralmente fica em torno de $0,6 \text{ kg t}^{-1}$ (Fontes, 1987). Na média geral deste experimento o número correspondente foi de $0,4 \text{ kg t}^{-1}$. Características do experimento e da cultivar utilizada, bem como o alto rendimento alcançado, podem estar relacionados com os valores obtidos.

A média geral dos teores de P nos tubérculos foi de 4,2; 1,9; 1,4 e $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ de P aos 19, 42, 69 e 102 DAE, respectivamente. Valores superiores ao nível crítico de $0,8 \text{ g kg}^{-1}$ sugerido por Vivancos (1984) e, com exceção dos conteúdos obtidos na colheita, estão de acordo com Walworth & Muniz (1993) por terem verificado que também nos tubérculos, o teor de P decresce ao longo da estação de crescimento. As concentrações de P nos tubérculos obtidas neste experimento são, outrossim, bastante similares aos teores obtidos por Hawkins, citado por Walworth & Muniz (1993): $5,7 \text{ g kg}^{-1}$ no início do crescimento dos tubérculos e $1,4 \text{ g kg}^{-1}$ na colheita.

6.2.3 Teor e quantidade de potássio nos tubérculos

Os resultados que podem ser observados no Quadro 17 mostram que não houve efeito dos tratamentos em relação ao teor de K nos tubérculos.

No que se refere à quantidade de K nos tubérculos observa-se que na amostra obtida aos 42 DAE, esta foi reduzida pela dose de 25 kg ha^{-1} de Ca (nível 2) quando comparada com o nível 1 (ausência de Ca). Outrossim, observa-se que as maiores doses de Ca utilizadas não provocaram redução significativa nas quantidades de K nos tubérculos.

Quadro 17 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de K nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

causas de variação	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita
	F para teor de K nos tubérculos				F para quant. de K nos tubérculos			
test x fat	0,1	0,8	2,7	0,7	0,6	0,2	2,3	7,3*
entre test	0,2	0,7	0,1	1,2	0,3	1,3	0,1	0,1
fontes (A)	2,1	0,1	0,1	0,4	1,2	0,1	1,8	0,1
níveis (B)	1,6	0,5	0,3	2,2	0,5	3,1*	1,5	1,4
AxB	0,6	0,9	1,1	0,9	0,1	0,7	2,7*	0,7
	teor de K nos tubs. (g kg^{-1})				quantidade de K nos tubs. (kg ha^{-1})			
-----fatores (83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x sua ausência (testemunhas)-----								
M dos fats.	29,8 ¹	21,7	18,3	20,5	9,0	113,6	192,9	230,3 a
M das tests.	29,8	22,3	17,6	20,1	10,0	110,9	176,9	215,6 b
-----testemunha absoluta x 75 kg ha^{-1} de Ca (CaCl_2)-----								
test. absoluta	30,0	22,8	17,5	19,8	10,6	116,6	178,5	214,3
test. com Ca	29,5	21,8	17,8	20,5	9,4	105,3	175,3	217,0
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----								
fonte 1	30,2	21,7	18,3	20,6	9,6	113,2	198,7	231,0
fonte 2	29,4	21,6	18,3	20,4	8,4	114,0	187,1	229,7
-----doses de Ca (kg ha^{-1}) nitrato de Ca – nitroplus 9-----								
0 - 0	30,3	21,0	18,0	20,9	8,3	121,9 a	201,4	240,4
25 – 25	29,5	22,0	18,4	20,5	9,0	98,8 b	174,1	225,9
50 – 37,5	30,6	22,0	18,5	20,9	9,5	114,3 ab	190,8	227,3
75 – 50	30,0	21,6	18,4	19,6	10,1	117,0 ab	202,8	227,8
100 – 75	28,6	21,6	18,3	20,4	8,1	116,3 ab	195,4	230,4

CV %	5,9	7,9	5,9	4,8	35,3	12,4	14,2	6,2
M geral	29,8	21,8	18,2	20,4	9,2	113,2	190,3	227,9

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 69 DAE ocorreu interação entre os fatores, cujo desdobramento pode ser observado no Quadro 18, onde verifica-se que nas doses de 100-75 kg ha⁻¹ de Ca, a quantidade de K nos tubérculos foi menor quando se utilizou nitroplus 9 como fonte de Ca.

Quadro 18 Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para quantidade de K nos tubérculos. Castro - PR, 1999/2000.

	quantidade de K nos tubérculos (kg ha ⁻¹)				
	-----níveis de Ca (B) - kg ha ⁻¹ -----				
	B1	B2	B3	B4	B5
fontes de Ca e N (A)	0 - 0	25-25	50 - 37,5	75 - 50	100 - 75
A1 - nitrato de Ca	199,1 aA ¹	151,5 aA	202,0 aA	194,7 aA	226,3 aA
A2 - nitroplus 9	203,7 aA	176,8 aA	179,7 aA	210,9 aA	164,5 aB

¹ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula dentro da linha e maiúscula na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tanto a redução da quantidade de K nos tubérculos pela dose de 25 kg ha⁻¹ de Ca, como o fato de que dentro do nível 5 (interação citada anteriormente) as maiores quantidades de K foram proporcionados pela fonte nítrica (nitrato de Ca) podem ser explicados pela presença de NH₄⁺ na fonte 2 (nitroplus 9 + uréia), que concorreu com a absorção de K⁺, determinando menores quantidades de K nos tubérculos. No Quadro 17, pelo efeito das doses de Ca na quantidade de K nos tubérculos aos 42 DAE, conhecendo-se que, quanto menor a quantidade Ca utilizada maior foi a adição de N na forma de NH₄⁺, indica este aspecto como provável explicação por não ter havido resposta semelhante com as doses mais altas de Ca. No segundo caso (interação), na fonte 2 (nitroplus 9 + uréia) todo o N foi

fornecido como NH_4^+ . Este resultado concorda com Jones et al. (1991) por terem verificado que a adição de N amídico geralmente reduziu o teor de K no tecido das plantas.

No Quadro 17 verifica-se que, aos 102 DAE, a quantidade de K nos tubérculos foi menor nas testemunhas em relação aos fatores (83 kg ha^{-1} de N associado à diferentes doses de Ca). Como esta resposta não ocorreu em relação aos teores de K, a produção de tubérculos que foi maior nos fatores determinou, provavelmente, a maior extração de K.

As médias gerais no experimento para teores de K nos tubérculos foram de 29,8; 21,8; 18,2 e $24,4 \text{ g kg}^{-1}$ de K aos 19, 42, 69 e 102 DAE, respectivamente. Resultado que concorda com Hawkins; e Grunes et al., citados por Walworth & Muniz (1993), que verificaram que os níveis de K nos tubérculos também tendem a decrescer com o desenvolvimento da planta, e que os conteúdos de K nos tubérculos oscilaram entre: 21,4 a 34,9; 21,4 a 24,3; 17,1 a 20,0 e 14,1 a $21,3 \text{ g kg}^{-1}$ de K no início, metade e final de ciclo, e na colheita, respectivamente. Faixas que, com exceção do conteúdo obtido na colheita, se enquadram as médias obtidas neste experimento.

A quantidade de K exportada pelos tubérculos é de aproximadamente 6 kg t^{-1} (Fontes, 1987). Na média geral deste experimento, o número correspondente foi de $4,4 \text{ kg t}^{-1}$.

Jones et al. (1991) estabeleceram uma faixa de suficiência de K entre 60 e 80 g kg^{-1} , quando os tubérculos estiverem na metade de seu desenvolvimento. Enquanto Vivancos (1984) propôs um teor crítico de 67 g kg^{-1} nos tubérculos. Tendo como referência estes autores, as médias gerais obtidas neste experimento podem indicar insuficiência de K nos tubérculos, o que poderia ser explicado, principalmente, pela quantidade total de K no

solo e sua proporção em relação ao Ca e Mg.

6.2.4 Teor e quantidade de cálcio nos tubérculos

Os resultados referentes ao teor e quantidade de Ca nos tubérculos podem ser observados no Quadro 19, onde constata-se que a melhor época de obtenção de amostras de tubérculos, tanto para teor quanto para quantidade de Ca, foi a realizada aos 69 DAE, onde verifica-se resposta aos tratamentos em diferentes aspectos.

Com relação ao teor de Ca nos tubérculos observa-se aos 19 DAE, que a fonte 1 (nitrato de Ca + nitrato de amônio) proporcionou maiores concentrações que a fonte 2 (nitroplus 9 + uréia), sendo que aos 69 DAE ocorreu o inverso. O primeiro resultado (19 DAE) está de acordo com Jones et al. (1991) por terem verificado que o N nítrico geralmente determina maiores concentrações de Ca na planta.

Neste aspecto o nitroplus 9 mostrou um resultado mais interessante, pois aumentou o teor de Ca num estágio em que os tubérculos sementes são normalmente colhidos e, conforme estudos recentes, podem beneficiar-se de uma maior concentração de Ca (Palta, 1997).

Na comparação entre as testemunhas, aos 69 DAE a utilização de 75 kg ha^{-1} de Ca na forma de CaCl_2 aumentou a concentração e quantidade de Ca nos tubérculos.

Quadro 19 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de Ca nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

causas de variação	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita
	F para teor de Ca nos tubérculos				F para quant. de Ca nos tubérculos			
test x fat	0,1	1,9	74,9**	0,9	0,5	2,4	20,0*	2,9
entre test	1,7	0,3	24,9*	0,3	0,4	0,1	6,2*	1,2
fontes (A)	9,5**	0,3	6,8*	0,5	2,1	0,1	0,3	1,0
níveis (B)	0,4	1,8	4,7**	1,8	0,4	4,5**	3,0*	1,4
AxB	0,4	0,5	2,4	1,0	0,1	0,6	3,7*	0,4
	teor de Ca nos tubs. (g kg^{-1})				quantidade de Ca nos tubs. (kg ha^{-1})			
-----fatores (83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x testemunhas-----								
M dos fats.	2,0 ¹	1,2	1,8 b	1,6	0,6	6,1	19,1 b	17,8
M das tests.	2,0	1,1	2,4 a	1,6	0,7	5,6	23,9 a	17,1
-----testemunha absoluta x 75 kg ha^{-1} de Ca (CaCl_2)-----								
test. absoluta	2,0	1,1	2,1 b	1,6	0,7	5,7	21,5 b	17,5
test. com Ca	1,9	1,1	2,7 a	1,6	0,6	5,5	26,4 a	16,8
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----								
fonte 1	2,0 a	1,2	1,7 b	1,6	0,7	6,0	18,8	17,6
fonte 2	1,9 b	1,1	1,9 a	1,6	0,6	6,1	19,3	17,9
-----doses de Ca (kg ha^{-1}) nitrato de Ca – nitroplus 9-----								
(1) 0 – 0	2,0	1,1	1,6 b	1,5	0,6	6,5 a	17,9 ab	17,8
(2) 25 – 25	2,0	1,1	1,8 ab	1,6	0,6	5,0 b	16,7 b	17,8
(3) 50 – 37,5	2,0	1,2	1,9 a	1,6	0,6	6,2 a	19,8 ab	17,3
(4) 75 – 50	2,0	1,2	1,9 a	1,6	0,7	6,3 a	20,8 a	18,4
(5) 100 – 75	2,0	1,2	1,9 a	1,6	0,6	6,2 a	20,2 ab	17,6
CV %	5,4	5,3	9,0	4,4	35,6	12,9	14,2	5,4
M geral	2,0	1,1	1,9	1,6	0,6	6,0	19,9	17,7

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 69 DAE observa-se que a partir das doses de 50-37,5 kg ha⁻¹, o fornecimento de Ca determinou aumentos em seus teores nos tubérculos em relação à dose 0-0 kg ha⁻¹ de Ca, mostrando que, quando se deseja aumentar os teores de Ca nos tubérculos sementes através de sua adubação em cobertura, em formas solúveis na zona de tuberização, doses mais baixas, em torno de 25 kg ha⁻¹ de Ca, podem não ser suficientes, especialmente quando se trabalha em solos argilosos e com quantidades adequadas de Ca para o desenvolvimento da planta.

A quantidade de Ca nos tubérculos também foi influenciada pelas doses utilizadas, aos 42 e 69 DAE. Aos 42 DAE a dose de 25 kg ha⁻¹ de Ca mostrou resultados inferiores em relação aos demais níveis.

Aos 69 DAE ocorreu interação entre fontes e níveis (Quadro 20), onde verifica-se que para o nitrato de Ca + nitrato de amônio, a maior quantidade de Ca nos tubérculos foi obtida com a maior dose utilizada (100 kg ha⁻¹ de Ca).

Quadro 20 Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para quantidade de Ca nos tubérculos. Castro - PR, 1999/2000.

	quantidade de Ca nos tubérculos (kg.ha ⁻¹)				
	-----níveis de Ca (B) (kg ha ⁻¹)-----				
fontes de Ca e N (A)	B1	B2	B3	B4	B5
	0 - 0	25-25	50 - 37,5	75 - 50	100 - 75
A1 - nitrato de Ca	15,5 bB ¹	15,8 bA	21,0 abA	19,6 abA	22,4 aA
A2 – nitroplus 9	20,3 aA	17,6 aA	18,6 aA	22,1 aA	17,9 aB

¹ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula dentro da linha e maiúscula na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No Quadro 20 verifica-se, outrossim, que dentro da maior dose empregada para o Ca ($100-75 \text{ kg ha}^{-1}$), o nitrato de Ca foi superior ao nitroplus 9, resultado que pode ter surgido pela maior quantidade de Ca utilizada para a primeira fonte, pela elevação do pH determinada pelo N – nítrico na primeira fonte, ou devido inibição competitiva do NH_4^+ presente na segunda fonte.

Nessa mesma interação observa-se que, dentro da dose de 0 kg ha^{-1} de Ca, a fonte 2 (nitroplus 9 + uréia) determinou maiores quantidades de Ca nos tubérculos que a fonte 1 (nitrato de Ca + nitrato de amônio), como não houve adição de Ca, este resultado indica que a uréia (N amídico) possibilitou maior absorção de Ca que o nitrato de amônio (N nítrico + N amídico). Este resultado discorda de Jones et al. (1991), por terem verificado que plantas adubadas com N - NO_3^- tendem a ter níveis mais altos de Ca nos seus tecidos. Mas em estudos com solução nutritiva verificaram que pode haver diferenças entre espécies como, por exemplo, o N - NH_4^+ reduziu o conteúdo de Ca e Mg em tomate, mas não em ervilha. Concluíram que a forma de N regula a concentração de Ca e Mg nas raízes, mas a própria planta através de seus mecanismos de absorção e transporte “determina” seus conteúdos de Ca e Mg.

Os resultados referentes a aumentos do teor de Ca nos tubérculos concordam com Palta (1997) que constatou incrementos no teor de Ca nos tubérculos, mesmo em solos com boa disponibilidade de Ca. Utilizou as mesmas fontes solúveis utilizadas neste trabalho, mas fornecidas através da fertirrigação, com aplicação parcelada (amontoa, 3 e 6 semanas após), e doses mais altas (entre 113 e 226 kg ha^{-1} de Ca).

Os resultados deste trabalho indicaram que o fornecimento de Ca, em cobertura logo após a emergência, em quantidades próximas ou superiores a 50 kg ha^{-1} de Ca,

utilizando-se fontes solúveis, pode determinar incrementos em seu teor nos tubérculos, mesmo em solos bem supridos de Ca na camada arável.

Baixos teores de Ca nos tubérculos têm sido associados à uma maior suscetibilidade à podridão mole causada por *Erwinia* sp. e à ocorrência de mancha chocolate, pelo que torna-se possível considerar que o fornecimento de Ca, mesmo em solos bem supridos neste elemento, também pode influir favoravelmente na qualidade dos tubérculos. Recentemente surgiram evidências que o incremento do teor de Ca nos tubérculos pode determinar melhorias na qualidade da batata-semente, tendo-se obtido aumento de produção no ciclo seguinte para a cultivar Atlantic (Palta, 1997).

O surgimento de resposta positiva nos teores de Ca nos tubérculos, nas condições deste experimento, pode estar relacionada à cultivar utilizada. Palta (1997) verificou que o fornecimento de Ca dobrou a porcentagem de tubérculos sementes contendo mais de $0,15 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca nas cultivares Atlantic e Dark Red Norland, enquanto que na cultivar Superior o incremento foi de 25 %. Trabalhando com a cultivar Russet Burbank, verificou que a média da concentração de Ca nos tubérculos, com base no peso seco, variou entre 0,1 e $0,3 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto que neste experimento os valores médios oscilaram entre 1,1 e $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca na matéria seca dos tubérculos.

Hawkins, citado por Walworth & Muniz (1993), verificou as seguintes concentrações de Ca nos tubérculos: $1,2 \text{ g kg}^{-1}$ no início de seu crescimento e $0,4 \text{ g kg}^{-1}$ na colheita, sendo que os números correspondentes neste ensaio foram $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,6 \text{ g kg}^{-1}$, para início de crescimento do tubérculo e colheita, respectivamente.

A comparação entre os valores médios do teor de Ca obtidos neste experimento para a parte aérea da batateira, que para as diferentes épocas amostradas

oscilaram entre 24,3 e 84,6 g kg⁻¹ (Quadro 9), com a respectiva faixa obtida para os tubérculos, entre 1,1 e 2,0 g kg⁻¹, mostra teores muito menores para os últimos. Este resultado está de acordo com Walworth & Muniz (1993) que verificaram que os níveis de Ca nos tubérculos são muito mais baixos que na parte aérea da batateira.

A extração de Ca pelos tubérculos está em torno de 133 g t⁻¹ (Fontes, 1987). Na média geral deste experimento o número correspondente para a quantidade de Ca exportada pelos tubérculos foi de 346 g t⁻¹.

6.2.5 Teor e quantidade de magnésio nos tubérculos

O efeito dos tratamentos nos teores e quantidades de Mg nos tubérculos ocorreram apenas aos 69 DAE e na colheita final (102 DAE), conforme pode ser observado no Quadro 21. Aos 69 DAE a média dos fatores (83 kg ha⁻¹ de N, associado a diferentes doses de Ca) para teor de Mg nos tubérculos, foi menor que a média das testemunhas. Como este resultado não ocorreu em relação à quantidade de Mg nos tubérculos, pode ter havido efeito diluição, especialmente pela presença de N nos fatores. Esse resultado sugere também uma possível inibição competitiva entre Ca²⁺ e Mg²⁺. Esta última hipótese é corroborada pelo observado na colheita (102 DAE), onde tanto o teor quanto a quantidade de Mg nos tubérculos foram reduzidos, em relação à testemunha absoluta, pela adição de 75 kg ha⁻¹ de Ca na forma de CaCl₂.

Quadro 21 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de Mg nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

causas de variação	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita
	F para teor de Mg nos tubérculos				F para quant. de Mg nos tubérculos			
test x fat	0,2	0,9	4,2*	0,9	0,5	0,1	0,1	0,4
entre test	0,1	3,0	0,3	4,4*	0,1	2,9	0,2	7,6*
fontes (A)	0,8	0,4	2,1	0,9	1,7	0,7	0,1	0,8
níveis (B)	1,9	0,5	0,3	0,5	1,0	2,5	1,3	1,1
AxB	1,2	1,0	3,2*	1,6	0,4	0,9	3,7*	1,1
	teor de Mg nos tubs. (g kg^{-1})				quant. de Mg nos tubs. (kg ha^{-1})			
-----fatores (83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x testemunhas-----								
M dos fats.	1,4 ¹	1,0	0,9 b	1,0	0,4	5,1	10,1	11,8
M das tests.	1,3	1,0	1,0 a	1,1	0,5	5,1	10,3	11,5
-----testemunha absoluta x 75 kg ha^{-1} de Ca (CaCl_2)-----								
test. absoluta	1,4	1,1	1,0	1,1 a	0,5	5,5	10,5	12,5 a
test. com Ca	1,3	1,0	1,0	1,0 b	0,4	4,6	10,0	10,5 b
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----								
fonte 1	1,4	1,0	1,0	1,1	0,5	5,0	10,2	11,9
fonte 2	1,4	1,0	1,0	1,0	0,4	5,2	10,1	11,6
-----doses de Ca (kg ha^{-1}) nitrato de Ca – nitroplus 9-----								
(1) 0 - 0	1,4	1,0	0,9	1,0	0,4	5,6 a	10,5	12,0
(2) 25 - 25	1,4	1,0	1,0	1,0	0,4	4,5 b	9,1	11,1
(3) 50 - 37,5	1,5	1,0	1,0	1,1	0,5	5,2 ab	10,0	11,6
(4) 75 - 50	1,4	1,0	1,0	1,0	0,5	5,4 ab	10,8	12,0
(5) 100 - 75	1,3	0,9	1,0	1,1	0,4	5,0 ab	10,3	12,0
CV %	11,6	10,4	6,9	8,1	35,4	14,3	15,5	9,0
M geral	1,4	1,0	1,0	1,0	0,4	5,1	10,2	11,7

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Nos Quadros 22 e 23 verifica-se o desdobramento da interação ocorrida aos 69 DAE, onde nota-se-se que, tanto para teor como para quantidade, dentro da dose de 0 kg ha⁻¹ de Ca, o uso de N amídico (uréia) determinou maiores teores e quantidades de Mg nos tubérculos em relação ao nitrato de amônio (50% nítrico e 50% amídico).

Quadro 22 Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para teor de Mg nos tubérculos. Castro - PR, 1999/2000.

	teor de Mg na parte aérea (g kg ⁻¹)				
	-----níveis de Ca (B) (kg ha ⁻¹)-----				
	B1	B2	B3	B4	B5
fontes de Ca e N (A)	0 - 0	25-25	50 - 37,5	75 - 50	100 - 75
A1 - nitrato de Ca	0,9 aB ¹	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA
A2 – nitroplus 9	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA

¹ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula dentro da linha e maiúscula na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 23 Desdobramento da interação ocorrida entre fatores, aos 69 DAE, para quantidade de Mg nos tubérculos. Castro - PR, 1999/2000.

	quantidade de Mg na parte aérea (g kg ⁻¹)				
	-----níveis de Ca (B) (kg ha ⁻¹)-----				
	B1	B2	B3	B4	B5
fontes de Ca e N (A)	0 - 0	25-25	50 - 37,5	75 - 50	100 - 75
A1 - nitrato de Ca	9,3 aB ¹	9,1 aA	10,6 aA	10,2 aA	11,9 aA
A2 – nitroplus 9	11,6 aA	9,1 aA	9,4 aA	11,5 aA	8,7 aB

¹ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula dentro da linha e maiúscula na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No Quadro 23 observa-se que, para quantidade, dentro das doses mais altas de Ca ($100 - 75 \text{ kg ha}^{-1}$) ocorreu o inverso do exposto anteriormente. O fato da fonte 1 ter elevado o pH do solo no decorrer da estação de crescimento, pode ter contribuído para uma melhor absorção de Mg. Por outro lado, como nestas doses comparou-se N – nítrico e N – amídico, o resultado sugere uma possível inibição competitiva entre NH_4^+ e Mg^{2+} .

A extração de Mg pelos tubérculos está em torno de 300 g kg^{-1} (Fontes, 1987). Neste ensaio este número foi de 231 g kg^{-1} . De forma semelhante à parte aérea, o teor de Mg nos tubérculos sofreu pequena variação ao longo da estação de crescimento.

6.2.6 Teor e quantidade de enxofre nos tubérculos

No Quadro 24, que se refere aos teor e quantidade de S nos tubérculos em resposta aos tratamentos efetuados, constata-se que o maior efeito ocorreu em função das fontes utilizadas.

Aos 42 DAE observa-se que os maiores teores de S nos tubérculos foram proporcionados pelo nitroplus 9 + uréia, sendo que a partir dos 69 DAE houve uma inversão de resposta, quando o nitrato de Ca + nitrato de amônio determinou maiores teores de S nos tubérculos. O resultado obtido aos 42 DAE concorda com Jones et al. (1991) por terem verificado que o N nítrico determina menores teores de S nos tecidos das plantas.

Aos 19 e 42 DAE, para teor de S nos tubérculos, e aos 42 DAE para quantidade, a adição de 75 kg ha^{-1} de Ca na forma de CaCl_2 reduziu os números referentes ao S. Este resultado deve-se, provavelmente, à inibição competitiva que a adição de Cl

provoca na absorção de SO_4^{2-} (Malavolta et al., 1989).

Quadro 24 Valores de F, teor (g kg^{-1}) e quantidade (kg ha^{-1}) de S nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

causas de variação	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita
	F para teor de S nos tubérculos				F para quant. de S nos tubérculos			
test x fat	0,6	0,1	1,9	1,6	0,7	0,3	3,4	5,6*
entre test	6,7*	23,5**	0,1	2,1	1,4	13,4**	0,2	3,6
fontes (A)	0,8	12,3**	12,1**	14,1**	0,3	8,4**	12,7**	12,8**
níveis (B)	0,6	1,1	0,6	3,1*	0,6	1,0	1,2	1,8
AxB	0,7	2,0	1,8	2,0	0,1	1,5	2,9*	2,0
	teor de S nos tubs. (g kg^{-1})				quantidade de S nos tubs. (kg ha^{-1})			
-----fatores (83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x testemunhas-----								
M dos fats.	2,5 ¹	1,6	1,4	1,5	0,8	8,4	14,9	16,8 a
M das tests.	2,6	1,6	1,3	1,4	0,9	8,2	13,2	15,1 b
-----testemunha absoluta x 75 kg ha^{-1} de Ca (CaCl_2)-----								
test. absoluta	2,9 a	2,0 a	1,3	1,5	1,0	9,9 a	13,6	16,3
test. com Ca	2,3 b	1,3 b	1,3	1,3	0,7	6,4 b	12,8	13,8
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----								
fonte 1	2,5	1,5 b	1,5 a	1,6a	0,8	7,8 b	16,2 a	17,8 a
fonte 2	2,6	1,7 a	1,3 b	1,4b	0,7	9,1 a	13,6 b	15,7 b
-----doses de Ca (kg ha^{-1}) nitrato de Ca – nitroplus 9-----								
(1) 0 - 0	2,4	1,5	1,4	1,5ab	0,7	8,8	15,8	17,5
(2) 25 - 25	2,5	1,7	1,4	1,6a	0,7	7,7	13,6	17,2
(3) 50 - 37,5	2,5	1,6	1,5	1,5a	0,8	8,5	15,4	17,0
(4) 75 - 50	2,7	1,6	1,4	1,5b	0,9	8,8	15,3	16,8
(5) 100 - 75	2,5	1,6	1,3	1,3b	0,7	8,4	14,2	15,3
CV %	12,9	11,8	13,0	10,1	35,3	15,9	16,2	11,2
M geral	2,5	1,6	1,4	1,5	0,8	8,4	14,6	16,5

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Nos tubérculos obtidos na colheita final, os fatores (N + Ca) mostraram números superiores em quantidade de S em relação às testemunhas (absoluta e 75 kg ha⁻¹ de Ca). Este resultado, além de outros obtidos neste experimento, permitem concluir que, provavelmente, estes ocorreram em função da maior produção de tubérculos nos fatores (N associado com diferentes doses de Ca), influenciando diretamente nas quantidades de S exportadas. Outro aspecto que deve ser considerado é a média mais baixa de teor de S nas parcelas que receberam CaCl₂.

Verifica-se nos tubérculos oriundos da colheita final, que as maiores doses de Ca (100 - 75 kg ha⁻¹) reduziram o teor de S nos tubérculos em relação às doses de 25 e 50 - 37,5 kg ha⁻¹ de Ca. Este resultado sugere uma maior absorção de S pela presença de quantidades moderadas de Ca em relação às quantidades maiores, pois o Ca em concentrações não muito elevadas pode aumentar a absorção de cátions e de ânions (Malavolta et al., 1989).

Quadro 25 Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para quantidade de S nos tubérculos. Castro - PR, 1999/2000.

	quantidade de S na parte aérea (g kg ⁻¹)				
	-----níveis de Ca (B) (kg ha ⁻¹)-----				
fontes de Ca e N (A)	B1	B2	B3	B4	B5
	0 - 0	25-25	50 - 37,5	75 - 50	100 - 75
A1 - nitrato de Ca	17,0 aA ¹	15,1 aA	18,1 aA	14,4 aA	16,5 aA
A2 – nitroplus 9	14,7 aA	12,2 aA	12,7 aB	16,3 aA	12,0 aB

¹ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula dentro da linha e maiúscula na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na amostra obtida aos 69 DAE ocorreu interação entre fontes e doses para quantidade de S nos tubérculos, cujo desdobramento pode ser observado no Quadro 25, onde verifica-se que dentro das doses de 50-37,5 e 100-75 kg ha⁻¹ de Ca, a utilização de nitrato de Ca + nitrato de amônio (50 kg ha⁻¹ de Ca) e nitrato de Ca (100 kg ha⁻¹ de Ca), determinaram maiores quantidades de S nos tubérculos em relação ao nitroplus 9 + uréia.

6.3 Produção total de tubérculos

Nos dados referentes à colheita final (Quadro 26) verifica-se que a produção total média de tubérculos nos fatores (83 kg ha⁻¹ de N associado com diferentes níveis de Ca) foi cerca de 5 % maior em relação à média das testemunhas, tanto em peso fresco como em matéria seca total.

No Quadro 26 verifica-se outrossim que, praticamente não se observa efeitos da adição de Ca na produção total de tubérculos na colheita final (102 DAE), nem mesmo uma tendência nesse sentido. Este resultado sugere que o aumento da produção total ocorreu pela adição de 83 kg ha⁻¹ de N. Considerando que o plantio foi realizado em um solo argiloso, corrigido, com teores relativamente altos de matéria orgânica e com a cultura anterior tendo sido uma leguminosa (soja), este resultado concorda com Fontes (1987) que observou ser raro encontrar solos com elevado teor de N que não precisem de quantidades adicionais deste nutriente.

Quadro 26 Valores de F, produção total de tubérculos ($t\ ha^{-1}$) em peso fresco (PF) e matéria seca (MS), coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

causas de variação	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita
	F- produção de tubérculos (PF)				F- produção (MS nos tubérculos)			
test x fat	0,4	3,0	0,8	6,6*	0,4	1,2	0,4	4,2*
entre test	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1
fontes (A)	0,6	0,8	1,6	1,4	0,8	0,4	1,2	0,1
níveis (B)	0,3	4,5**	1,4	0,6	0,4	4,8**	1,8	1,5
AxB	0,1	1,0	2,2	1,0	0,1	0,9	2,5	0,1
	produção tubérculos – PF ($t\ ha^{-1}$)				produção - MS tubérculos ($t\ ha^{-1}$)			
-----fatores ($83\ kg\ ha^{-1}$ de N com doses de Ca) x testemunhas-----								
M dos fats.	1,9 ¹	26,2	44,0	53,0 a	0,3	5,3	10,5	11,4 a
M das tests.	2,0	24,4	42,0	50,5 b	0,3	5,5	10,2	10,9 b
-----testemunha absoluta x $75\ kg\ ha^{-1}$ de Ca ($CaCl_2$)-----								
test. Absoluta	2,2	24,1	41,0	50,3	0,4	5,1	10,3	11,0
test. com Ca	1,9	24,7	43,0	50,7	0,3	4,9	10,0	10,9
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----								
fonte 1	2,0	25,8	45,2	52,5	0,3	5,2	10,8	11,4
fonte 2	1,8	26,6	42,8	53,5	0,3	5,3	10,3	11,4
-----doses de Ca ($kg\ ha^{-1}$) nitrato de Ca – nitroplus 9-----								
(1) 0 – 0	1,7	28,1 a	45,2	53,3	0,3	5,8 a	11,1	11,6
(2) 25 – 25	1,9	22,8 b	40,0	52,2	0,3	4,5 b	9,5	11,2
(3) 50 – 37,5	2,0	26,3 ab	43,5	52,8	0,3	5,2 ab	10,3	11,1
(4) 75 – 50	2,1	27,2 a	46,0	54,1	0,3	5,4 a	11,1	11,6
(5) 100 – 75	1,8	26,8 a	45,3	52,6	0,3	5,4 a	10,6	11,4
CV %	36,4	10,5	13,4	4,8	37,2	11,3	13,4	5,0
M geral	1,9	25,9	43,7	52,6	0,3	5,2	10,5	11,3

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na sequência de resultados obtidos na comparação fatores x testemunhas, considerando-os como efeito predominante da cobertura nitrogenada, observa-se que, embora os números não sejam significativos, aos 19, 42 e 69 DAE, os resultados sugerem as respostas que seriam esperadas pela cobertura nitrogenada. Na primeira amostra obtida aos 19 DAE, os valores referentes às médias dos fatores (com N), foi inferior ao das testemunhas (sem N), mostrando a tendência esperada para o efeito do N, de aumentar o desenvolvimento das hastes e retardar o crescimento dos tubérculos.

Aos 42 e 69 DAE já se verifica uma inversão dessa tendência, quando as parcelas com N passaram a apresentar valores maiores, com diferenças crescentes até a colheita final (102 DAE), quando essa tendência se transformou em resposta estatisticamente significativa, sendo que as parcelas com N acabaram sendo mais produtivas.

Estes resultados sugerem que, quanto mais curto for o ciclo da cultura menores são as possibilidades do fornecimento de N em cobertura aumentar a produção de tubérculos. O que é relevante para nossas condições onde o encurtamento do ciclo devido à fatores climáticos e fitossanitários é muito comum.

Uma característica importante deste estudo é que a cobertura nitrogenada foi realizada logo após a emergência das plantas, antes da época em que normalmente é realizada pela maioria dos bataticultores (um pouco antes da amontoa, normalmente realizada entre os 20 e 30 DAE), contribuindo para um rápido e curto desenvolvimento da parte aérea e uma fase de acúmulo maior possível, o que é necessário para se obter bom rendimento de tubérculos (Fontes, 1987).

O número de dias relativos ao crescimento da batateira neste experimento (102 DAE) pode ser considerado longo para nossas condições, especialmente

considerando-se o fato de haver sido utilizada uma cultivar medianamente precoce (90 a 120 dias para a cultivar Atlantic), segundo Coraspe-Léon (1995).

Considerando as condições em que este ensaio se desenvolveu e os resultados que apresentou, pode-se concluir que do ponto de vista agrônômico (rendimento), a prática da adubação nitrogenada em cobertura, especialmente se realizada no início do ciclo da cultura, tem grande possibilidade de determinar resultados positivos.

Quanto à utilização do Ca houve resposta em relação às doses utilizadas apenas na amostra obtida aos 42 DAE, onde a dose de 25 kg ha⁻¹, não diferiu da dose imediatamente maior (50-37,5 kg ha⁻¹ de Ca) e determinou menor produção em relação às demais doses utilizadas (inclusive a dose de 0 kg ha⁻¹). Além desse resultado, observando os valores referentes ao rendimento médio em tubérculos nos tratamentos que receberam Ca, aos 42 DAE, verifica-se que estes são inferiores ao obtido para a dose de 0 kg ha⁻¹.

Na análise inicial do solo constata-se um desequilíbrio relativamente acentuado entre os teores de Ca (50 mmol_c dm⁻³) e de K (1,4 mmol_c dm⁻³) na camada arável (Quadro 1), sugerindo que a causa mais provável desta ausência de efeito do Ca na produção final (colheita) e a redução de números ocorrida aos 42 DAE, possa ter ocorrido por inibição competitiva entre Ca²⁺ e K⁺ (Malavolta et al., 1989). Essa hipótese é corroborada pelos dados observados no Quadro 17 (teor e quantidade de K nos tubérculos) onde verifica-se aos 42 DAE, que a menor quantidade de K nos tubérculos foi obtida com a dose de 25 kg ha⁻¹ de Ca. Considerando-se que as menores doses de Ca foram acompanhadas de maior quantidade de N amídico, a inibição competitiva do NH₄⁺ com o K⁺ pode ter sido um dos fatores determinantes para a menor produção obtida com 25 kg ha⁻¹ de Ca.

Por outro lado observa-se que o solo abaixo da camada arável

(Quadro 2) apresenta baixas concentrações de Ca ($10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). De acordo com Fontes (1999), em solos que contenham cerca de 10 a $15 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, a produção e a qualidade dos tubérculos de batata respondem a aplicação com Ca. Este aspecto pode ter influenciado as respostas em análise, tendo em vista que maiores doses de Ca têm maior probabilidade de atingir as camadas inferiores.

6.4 Produção comercial

Pelo Quadro 27 verifica-se que a média da produção comercial referente aos fatores (83 kg ha^{-1} de N associado com diferentes doses de Ca) foi maior em relação à média das testemunhas, em resultado semelhante ao obtido para a produção total na colheita final (102 DAE). Considerando que não houve efeito das fontes e doses de Ca, é muito provável que este incremento tenha ocorrido predominantemente pela adição de N. O aumento da produção comercial é relevante para a produção de chips, cuja indústria necessita de tubérculos arredondados e graúdos, com diâmetro entre 55 e 60 mm (Melo, 1999).

As médias gerais do experimento (Quadro 27): $50,3 \text{ t ha}^{-1}$ de tubérculos comerciais, $2,3 \text{ t ha}^{-1}$ de tubérculos não comerciais, $52,6 \text{ t ha}^{-1}$ de produção total de tubérculos, e percentagem de tubérculos comerciais na produção total de 95,6 %, mostram elevado rendimento agrícola e alta percentagem de produção comercial.

Quadro 27 Valores de F, produção comercial (t ha⁻¹), não comercial (t ha⁻¹) e total de tubérculos (t ha⁻¹), e porcentagem de produção comercial na produção total, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

	prod. com.	tub. não com.	prod. total	prod. com.
	-----t ha ⁻¹ -----			%
causas de variação	-----valores de F-----			
test x fat	8,0**	1,8	6,6*	3,6
entre test	0,1	0,2	0,1	0,1
fontes (A)	1,3	0,1	1,4	0,1
níveis (B)	0,5	0,5	0,6	0,4
AxB	1,0	0,3	1,0	0,4
	-----produção (t ha ⁻¹)-----			%
	-----fatores (83 kg ha ⁻¹ de N com doses de Ca) x testemunhas-----			
M dos fats.	50,8 a ¹	2,2	53,0 a	95,7
M das tests.	48,0 b	2,5	50,8 b	95,0
	-----testemunha absoluta x 75 kg ha ⁻¹ de Ca (CaCl ₂)-----			
test. absoluta	47,9	2,4	50,3	95,1
test. com Ca	48,1	2,6	50,7	94,9
	-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----			
fonte 1	50,3	2,2	52,5	95,7
fonte 2	51,2	2,3	53,5	95,8
	-----doses de Ca (kg ha ⁻¹) nitrato de Ca – nitroplus 9-----			
(1) 0 - 0	50,9	2,4	53,3	95,5
(2) 25 – 25	50,2	2,0	52,2	96,1
(3) 50 – 37,5	50,6	2,3	52,8	95,7
(4) 75 – 50	51,8	2,3	54,1	95,8
(5) 100 - 75	50,4	2,3	52,6	95,7
CV %	5,1	22,6	4,8	1,1
M geral	50,3	2,3	52,6	95,6

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O bom resultado agrícola se configurou, principalmente, pelas boas condições climáticas e adequado programa de controle fitossanitário, que permitiram a cultura completar naturalmente seu ciclo. Ao exposto soma-se: fertilidade do solo, adubação adequada (em alguns nutrientes foi além do recomendado pela pesquisa) e irrigação. A obtenção de alta porcentagem de tubérculos comerciais foi corroborada pela utilização da cultivar Atlantic, que tem como característica apresentar uniformidade na produção, um dos aspectos que a tornam indicada para a produção de chips.

6.5 Número e tamanho dos tubérculos

Pelos resultados do Quadro 28 observa-se que nas amostras realizadas aos 19, 42 e 69 DAE, com exceção das doses de Ca aos 19 DAE, os tratamentos não influíram no número total de tubérculos por parcela. Aos 19 DAE observa-se que todas as doses de Ca apresentaram número maior de tubérculos que a dose de 0 kg ha⁻¹ de Ca, havendo resposta significativa com a dose de 75-50 kg ha⁻¹ de Ca. Este resultado está, provavelmente, relacionado com o pequeno déficit hídrico que a cultura sofreu no início de seu desenvolvimento, sendo que já existem evidências de efeitos benéficos do Ca em situação de estresse hídrico (Palta, 1997).

Quadro 28 Valores de F, número e peso médio dos tubérculos (g), coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

	19 DAE	42 DAE	69 DAE	19 DAE	42 DAE	69 DAE
causas de variação	F para nº de tubérculos parcela ⁻¹			F para peso médio dos tubérculos		
test x fat	0,6	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1
entre test.	0,2	0,1	3,5	0,5	0,1	3,9
fontes (A)	0,1	1,0	1,3	0,2	0,1	0,4
níveis (B)	2,5	1,9	0,9	0,1	0,9	1,3
inter. AxB	1,8	1,8	0,4	0,3	2,7*	0,1
	nº de tubérculos parcela ⁻¹			peso médio dos tubérculos (g)		
-----fatores (83 kg ha ⁻¹ de N com doses de Ca) x sua ausência (testemunhas)-----						
média dos fats.	48,6 ¹	52,2	40,6	3,4	46,4	99,5
média das tests.	51,3	49,4	41,8	3,5	46,1	98,6
-----testemunha absoluta x 75 kg ha ⁻¹ de Ca (CaCl ₂)-----						
test. absoluta	52,5	49,0	36,3	3,8	45,9	113,5
test. com Ca	50,0	49,8	47,3	3,1	46,4	83,6
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----						
fonte 1	49,1	50,6	42,1	3,5	46,8	97,2
fonte 2	48,2	53,8	39,1	3,3	46,0	101,7
-----doses de Ca (kg ha ⁻¹) nitrato de Ca – nitroplus 9-----						
(1) 0 - 0	41,0 b	55,5	41,5	3,5	46,3	100,3
(2) 25 - 25	47,5 ab	45,8	41,5	3,5	45,2	87,3
(3) 50 - 37,5	50,9 ab	53,0	39,8	3,5	45,9	99,1
(4) 75 - 50	53,6 a	57,8	43,8	3,5	43,7	98,6
(5) 100 - 75	50,0 ab	48,9	36,5	3,1	50,8	112,0
CV %	17,5	19,4	20,3	42,2	16,8	21,7
M geral	49,1	51,7	40,8	3,4	46,3	99,3

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

No Quadro 29 observa-se o desdobramento da interação entre fontes e doses ocorrida aos 42 DAE em relação ao peso médio dos tubérculos, onde constata-se que dentro do nível 4 (dose de 75-50 kg ha⁻¹ de Ca) o nitrato de Ca + nitrato de amônio determinou maior peso médio dos tubérculos que o nitroplus 9 + uréia. Mas trata-se de um valor isolado e destoante dos demais no mesmo Quadro, dificultando a análise deste resultado.

Quadro 29 Desdobramento da interação entre fatores, aos 42 DAE, para peso médio dos tubérculos. Castro - PR, 1999/2000.

	peso médio de tubérculos (g)				
	-----níveis de Ca (B) (kg ha ⁻¹)-----				
fontes de Ca e N (A)	B1	B2	B3	B4	B5
	0 - 0	25-25	50 - 37,5	75 - 50	100 - 75
A1 – nitrato de Ca	41,9 aA ¹	43,0 aA	47,5 aA	51,1 aA	50,4 aA
A2 – nitroplus 9	50,8 aA	47,5 aA	44,4 aA	36,3 aB	51,2 aA

¹Médias seguidas pela mesma letra, minúscula dentro da linha e maiúscula na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No Quadro 30 constata-se que, aos 69 DAE, que o número de tubérculos > 50 g foi menor na testemunha absoluta quando comparada com a adição de 75 kg ha⁻¹ de Ca na forma de CaCl₂. Sugerindo que o Ca possa ter influido positivamente no tamanho dos tubérculos, por suprir uma provável deficiência pois, segundo Fontes (1987), a falta de Ca faz com que os tubérculos se tornem numerosos e pequenos. Resposta importante para as condições brasileiras, tendo em vista que, por problemas climáticos e fitossanitários é relativamente comum que as culturas tenham seu ciclo encerrado por volta dos 70 DAE.

Quadro 30 Valores de F, número de tubérculos maiores e menores de 50 g, e porcentagem de tubérculos > 50 g, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro – PR, 1999/2000.

causas de variação	Amostra obtida aos 42 DAE			Amostra obtida aos 69 DAE		
	F para nº de tubérculos		F: % tub.	F para nº de tubérculos		F: % tub.
	< 50 g	> 50 g	> 50g	< 50 g	> 50 g	> 50 g
test x fat	0,4	0,4	0,2	0,8	0,1	1,3
entre test.	0,1	0,1	0,1	0,8	4,2*	0,1
fontes (A)	1,5	0,1	0,7	2,2	0,2	2,4
níveis (B)	2,0	1,1	1,0	0,9	0,2	0,5
inter. AxB	2,2	0,7	1,5	0,7	1,2	1,3
	nº de tubérculos		% tub.	nº de tubérculos		% tub.
-----fatores (83 kg ha ⁻¹ de N associado a doses de Ca) x testemunhas-----						
média dos fats.	25,5 ¹	26,7	51,7	12,3	28,3	70,0
média das tests.	23,9	25,5	52,7	14,0	27,8	66,5
-----testemunha absoluta x 75 kg ha ⁻¹ de Ca (CaCl ₂)-----						
test. absoluta	23,5	25,5	53,0	12,5	23,8 b	65,7
test. com Ca	24,3	25,5	52,5	15,5	31,8 a	67,3
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----						
fonte 1	24,2	26,5	52,5	13,5	28,7	68,1
fonte 2	26,8	27,0	50,8	11,2	27,9	72,0
-----doses de Ca (kg ha ⁻¹) nitrato de Ca – nitroplus 9-----						
(1) 0 - 0	27,8	27,8	49,8	12,6	28,9	71,0
(2) 25 – 25	22,1	23,6	51,9	14,0	27,5	66,4
(3) 50 - 37,5	22,3	27,8	52,9	11,4	28,4	71,4
(4) 75 – 50	29,9	27,9	49,2	13,5	30,3	70,3
(5) 100 – 75	22,4	26,5	54,5	10,1	26,4	71,1
CV %	26,9	18,4	11,7	38,2	19,6	11,6
M geral	25,2	26,5	51,8	12,6	28,2	69,4

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

6.5 Porcentagem de matéria seca nos tubérculos

No Quadro 31 pode se verificar a influência dos tratamentos na porcentagem de matéria seca nos tubérculos, onde constata-se que a adição de 75 kg ha⁻¹ de Ca, na forma de CaCl₂ reduziu a porcentagem de matéria seca na amostra obtida aos 69 DAE. A explicação mais provável é que este efeito tenha surgido por toxidez do Cl, de forma semelhante ao que ocorre com a adição de KCl, que quando comparado com K₂SO₄, determina menores teores de matéria seca nos tubérculos (Askew, 1992).

Verifica-se outrossim no Quadro 31, num resultado geral observado nos valores médios, que as doses de Ca reduziram a porcentagem de matéria seca nos tubérculos aos 69 DAE, mas que este efeito somente foi significativo com as maiores doses utilizadas: 100-75 kg ha⁻¹ de Ca. A inibição competitiva entre Ca²⁺ e K⁺ é, provavelmente, o principal determinante deste resultado.

Aos 69 DAE ocorreu interação entre fontes e doses de Ca, cujo desdobramento consta do Quadro 32, onde verifica-se que, dentro da fonte nitroplus 9 + uréia, com exceção da dose de 50 kg ha⁻¹ de Ca, as demais reduziram a porcentagem de matéria seca nos tubérculos em relação à dose zero de Ca. Este resultado pode ter surgido por inibição competitiva, entre Ca²⁺ e K⁺ e/ou NH₄⁺ e K⁺, pois o potássio é um elemento essencial na translocação de assimilados para os tubérculos, podendo influir na sua porcentagem de matéria seca. Corrobora esta hipótese o que é observado no Quadro 17, onde constata-se, aos 42 DAE, que a dose de 25 kg ha⁻¹ da Ca reduziu a quantidade de K nos tubérculos, o que sugere uma possível inibição competitiva entre Ca²⁺ e K⁺ (Malavolta et al., 1989).

Quadro 31 Valores de F, porcentagem de matéria seca nos tubérculos, coeficiente de variação e médias gerais no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita (102 DAE)
causas de variação	-----F para % de matéria seca nos tubérculos-----			
test x fat	0,1	1,6	0,2	0,6
entre test.	0,3	3,9	13,1**	0,8
fontes (A)	0,1	0,2	0,2	2,8
níveis (B)	1,4	0,6	3,4*	2,0
inter. Ax B	0,7	0,5	3,1*	1,4
	-----% de matéria seca nos tubérculos-----			
	-----fatores (83 kg ha ⁻¹ de N com doses de Ca) x testemunhas-----			
média dos fats.	16,5 ¹	20,1	24,0	21,5
média das tests.	16,7	20,6	24,1	21,6
	-----testemunha absoluta x 75 kg ha ⁻¹ de Ca (CaCl ₂)-----			
test. absoluta	16,4	21,3	25,2 a	21,8
test. com Ca	17,0	19,9	23,1 b	21,4
	-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----			
fonte 1	16,5	20,2	23,9	21,6
fonte 2	16,5	20,0	24,0	21,3
	-----doses de Ca (kg ha ⁻¹) nitrato de Ca – nitrato de amônio-----			
(1) 0 - 0	15,6	20,6	24,8 a	21,8
(2) 25 - 25	16,7	20,0	23,8 ab	21,4
(3) 50 - 37,5	16,1	20,0	23,6 ab	21,0
(4) 75 - 50	16,9	19,9	24,1 ab	21,5
(5) 100 - 75	17,0	20,2	23,5 b	21,6
CV %	8,5	4,6	3,5	2,8
M geral	16,5	20,2	24,0	21,5

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 32 Desdobramento da interação entre fatores, aos 69 DAE, para porcentagem de matéria seca nos tubérculos. Castro - PR, 1999/2000.

	matéria seca nos tubérculos (%)				
	-----níveis de Ca (B) (kg ha ⁻¹)-----				
	B1	B2	B3	B4	B5
fontes de Ca e N (A)	0 - 0	25-25	50 - 37,5	75 - 50	100 - 75
A1 - nitrato de Ca	24,1 aB ¹	21,4 aB	23,5 aA	23,8 aA	23,6 aA
A2 - nitroplus 9	25,5 aA	23,1 bA	23,7 bA	24,5 aA	23,3 bA

¹ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula dentro da linha e maiúscula na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Este resultado concorda com Jones et al. (1991) por terem verificado que existe um antagonismo forte e mútuo entre K e Ca nos tecidos das plantas, desde que altas concentrações de ambos nutrientes raramente existem de forma simultânea.

No Quadro 32 verifica-se, outrossim, que nas doses de 0 e 25 kg ha⁻¹, a fonte 2 (nitroplus 9 + uréia) foi superior a fonte 1 (nitrato de Ca + nitrato de amônio) para porcentagem de matéria seca nos tubérculos.

Tanto o excesso de K quanto sua deficiência, podem reduzir o teor de matéria seca nos tubérculos (Burton, 1989). Considerando também as características do solo utilizado, onde a diferença entre os teores de Ca e K é bastante acentuada (50 mmolc dm⁻³ de Ca e 5,5 mmolc dm⁻³ de K), sugerem uma possível insuficiência de K para que as doses de 25, 37,5 e 75 kg ha⁻¹ de Ca, como nitroplus 9, tenha reduzido o teor de matéria seca nos tubérculos amostrados aos 69 DAE.

As médias gerais da porcentagem de matéria seca nos tubérculos, nas

diferentes amostras, indicaram que esta aumentou progressivamente durante o desenvolvimento da planta: 16,5 %; 20,2 % e 24,0 % aos 19, 42 e 69 DAE, respectivamente; mas que após a seca das ramas, na colheita final aos 102 DAE, houve redução (21,5 %). Este resultado concorda com Pereira (1987) e Heemst (1986), por terem verificado que o conteúdo de matéria seca nos tubérculos aumenta com o desenvolvimento progressivo do ciclo da planta, e com Beukema & Zaag (1990), por terem observado que as porcentagens mais elevadas de matéria seca nos tubérculos são alcançadas um pouco antes que as hastes estejam completamente secas. Estes valores indicam que, se a interrupção do ciclo de uma lavoura for realizado precocemente, antes dos 69 DAE, poderá determinar que os tubérculos não sejam aproveitáveis para a indústria de chips devido ao baixo teor de matéria seca.

Tendo em vista à diferença observada entre as testemunhas, aos 69 DAE, com o CaCl_2 reduzindo o teor de matéria seca nos tubérculos, efetuou-se uma outra comparação estatística para comparar os fatores (83 kg ha^{-1} de N associado a diferentes doses de Ca) apenas com a testemunha absoluta, que não recebeu adubação de cobertura (Quadro 33).

Quadro 33 Porcentagem de matéria seca nos tubérculos, comparando-se a média dos fatores (N + Ca) com a testemunha absoluta. Castro - PR, 1999/2000.

	19 DAE	42 DAE	69 DAE	colheita (102 DAE)
causas de variação	-----F para % de matéria seca nos tubérculos-----			
test 1 x fatores	01	4,9*	9,1**	1,4
	-----% de matéria seca nos tubérculos-----			
	-----fatores (83 kg ha^{-1} de N com doses de Ca) x testemunha absoluta-----			
média dos fats.	16,5	20,1 b	24,0 b	21,5
test. 1 (absoluta)	16,6	21,3 a	25,2 a	21,8

No Quadro 33 verifica-se aos 42 e 69 DAE, que os fatores (83 kg ha^{-1}

de N associado a diferentes doses de Ca) em comparação com a testemunha absoluta, determinaram reduções significativas no teor de matéria seca dos tubérculos. Considerando que não houve efeito de fontes (Quadro 31) e que, dentro dos fatores, apenas a maior dose de Ca, em uma das amostras realizadas, reduziu significativamente a porcentagem de matéria seca nos tubérculos, é possível considerar que este resultado ocorreu predominantemente pela adição de 83 kg ha^{-1} de N em cobertura.

A redução da porcentagem de matéria seca, predominantemente pela adição de N em cobertura, concorda com os resultados obtidos por Heemst (1986) e Manrique (1989), por terem verificado que, de uma forma geral, quando o desenvolvimento da folhagem é estimulado, há um decréscimo no teor de matéria seca nos tubérculos, sendo o contrário também verdadeiro. Por outro lado, Joern & Vitosh (1995) verificaram, para condições ótimas de cultivo, que o efeito do N sobre o teor de matéria seca nos tubérculos pode não ser percebido.

Mesmo considerando que nos tratamentos referentes aos fatores as médias tenham sido superiores ao mínimo de 20,5%, necessários para a produção de chips (Melo, 1999), a redução da matéria seca pela adubação, especialmente pela adição de N, deve ser analisada com cuidado para as nossas condições de cultivo, em que fatores climáticos e fitossanitários, muitas vezes provocam o encurtamento do ciclo da cultura e dificultam a padronização dos tubérculos destinados à indústria. Neste caso podem haver perdas econômicas acentuadas, pois a indústria de chips não adquire tubérculos com menos de 20,5% de matéria seca.

Outro aspecto relevante é que todos os fatores que contribuem para o retardamento da maturação da planta, onde se inclui a adubação nitrogenada em cobertura,

contribuem também para aumentar o teor de açúcares redutores nos tubérculos (Beukema & Zaag, 1990), que quando elevados inviabilizam a utilização de um lote para produção de chips devido sua descoloração (escurecimento) durante o processo de fritura.

6.7 Defeitos internos nos tubérculos

Como pode ser observado no Quadro 34 os tratamentos realizados não influíram no tamanho médio dos dez maiores tubérculos obtidos por parcela e na ocorrência de coração oco. Outrossim, nestes tubérculos, bem como em todos os demais que foram cortados para as diferentes análises, não foram encontrados sintomas de mancha chocolate.

Estes problemas fisiológicos estão relacionados à nutrição mineral e à ocorrência de problemas climáticos, especialmente calor e seca. Com exceção de pequeno déficit hídrico ocorrido no início de desenvolvimento das plantas, as condições climáticas, juntamente com as irrigações realizadas, deteminaram ambiente favorável ao desenvolvimento da cultura. Outro fator a ser considerado foi o plantio em um solo argiloso, pois em solos arenosos, onde a variação de umidade e temperatura é maior nas camadas superficiais, há maior tendência de surgimento dos referidos problemas qualitativos.

O coração oco, que ocorre principalmente em cultivares que acumulam altos teores de matéria seca (Beukema & Zaag, 1990), como é o caso da Atlantic, está relacionado ao excessi de N e à deficiencia de K (Hooker, 1990).

Quadro 34 Valores de F, peso médio dos dez maiores tubérculos (g) e o número destes que apresentaram coração oco, coeficiente de variação e médias gerais no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

causas de variação	F para peso dez maiores tub.	F - nº tub. coração oco (em dez)
test x fat	0,2	0,1
entre test	0,1	3,4
fontes (A)	1,9	0,5
níveis (B)	0,7	1,2
AxB	2,5	1,0
	peso dez maiores tubérculos (g)	nº com coração oco (nº 10 ⁻¹)
-----fatores (83 kg ha ⁻¹ de N com doses de Ca) x testemunhas-----		
M dos fats.	356 ¹	1,7
M das tests.	352	1,8
-----testemunha absoluta x 75 kg ha ⁻¹ de Ca (CaCl ₂)-----		
test. absoluta	350	2,5
test. com Ca	354	1,0
-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----		
fonte 1	350	1,6
fonte 2	362	1,8
-----doses de Ca (kg ha ⁻¹) nitrato de Ca - nitroplus 9-----		
(1) 0 - 0	353	1,8
(2) 25 - 25	347	1,8
(3) 50 - 37,5	353	1,0
(4) 75 - 50	367	2,3
(5) 100 - 75	361	1,6
CV %	7,5	67,8
M geral	355	1,7

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

No Quadro 34 verifica-se que, mesmo sem ter sido estatisticamente significativa, ocorreu diferença acentuada entre a testemunha absoluta e a testemunha 2 que recebeu 75 kg ha^{-1} de Ca na forma de CaCl_2 (2,5 e 1,0 tubérculos com coração oco entre dez avaliados, respectivamente), o que equivale a uma diferença de 15%, enquanto a DMS (Tukey a 5 %) correspondeu a 16,5 %, sugerindo que se houvesse uma amostragem com maior número de tubérculos ou um maior número de repetições, poderia ter havido resposta significativa na redução do coração oco pelo fornecimento de Ca como CaCl_2 .

Menor ocorrência de coração oco pela adição de Ca concorda com Palta (1997), por ter verificado que entre os benefícios da aplicação suplementar de Ca está a redução na incidência de defeitos internos, especialmente coração oco e mancha chocolate.

Por outro lado estes números parecem estar mais relacionados com o fato do CaCl_2 (testemunha 2) ter reduzido o teor de matéria seca nos tubérculos, pois constata-se que as outras fontes de Ca (fatores) tiveram pouca influência neste aspecto qualitativo, embora seja necessário considerar que nos fatores o Ca foi fornecido em conjunto com o N.

Na média geral do experimento, a incidência de coração oco foi elevada (1,7 em dez) nos maiores tubérculos produzidos por parcela. Como o experimento caracterizou-se pela obtenção de tubérculos graúdos, este resultado está de acordo com Beukema & Zaag (1990) por terem verificado que em lavouras onde são colhidos tubérculos maiores deve ser esperado também um maior número deles com coração oco, e que este distúrbio fisiológico ocorre especialmente em tubérculos com altos teores de matéria seca (característica da cultivar Atlantic).

A mancha chocolate está relacionada principalmente à deficiência de

Ca nos tubérculos, à ocorrência de calor excessivo no ciclo da cultura e à utilização de solos arenosos (Hooker, 1990). Isto corrobora com Palta (1997) que embora tenha observado reduções na incidência de defeitos internos com a adição de Ca (de 20 para 5 % dos tubérculos), verificou que sua ocorrência nem sempre está correlacionada com teores de Ca nos tubérculos, por existirem outros fatores que contribuem para o desenvolvimento dos defeitos internos.

As condições em que se desenvolveu o ensaio: solo argiloso com altos teores de Ca e condições climáticas favoráveis, podem explicar a não ocorrência de mancha chocolate neste experimento, considerando que a cultivar Atlantic é considerada bastante suscetível.

6.8 Alterações nas características químicas do solo

No Quadro 35 verifica-se o efeito dos tratamentos nas características químicas do solo, pela análise realizada por parcela após a colheita. Nestes constata-se influência das fontes utilizadas no pH (CaCl_2) do solo, sendo que a fonte nitrato de Ca + nitrato de amônio determinou um pH médio mais alto (5,1) e o nitroplus 9 + uréia um pH médio mais baixo (4,9). Este resultado está de acordo com Bolan et al. (1990), pois verificaram que havendo predomínio do N – nítrico sobre o N – amoniacal, para manter o equilíbrio cátio-iônico a planta excreta OH^- ou HCO_3^- elevando o pH da rizosfera, sendo que este aumento pode ser de até duas unidades em relação ao pH original. Por outro lado, o predomínio da absorção de N amoniacal sobre o N nítrico reduz o pH da rizosfera, pois a planta excreta H^+ .

Quadro 35 Valores de F, resultados da análise química do solo após a colheita, coeficiente de variação e médias gerais obtidas no experimento realizado em Castro - PR, 1999/2000.

	pH	H ⁺ + Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	V	% de Ca
	CaCl ₂	mmol _c dm ⁻³					%	na V %
causas de variação	-----Valores de F-----							
test x fat	1,0	2,5	0,4	0,1	0,6	0,2	0,2	0,6
entre test	0,1	0,1	0,7	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1
fontes (A)	6,5*	0,8	0,0	1,6	0,4	1,0	1,0	0,4
níveis (B)	0,5	1,1	0,8	1,6	0,1	0,8	0,8	0,1
AxB	0,1	0,7	0,5	1,1	0,6	0,8	0,8	0,7
	pH	mmol _c dm ⁻³					-----%	
	-----fatores (83 kg ha ⁻¹ com doses de Ca) x testemunhas-----							
M dos fats.	5,0 ¹	57,8	2,0	39,3	23,3	64,5	52,3	61,2
M das tests.	4,9	63,3	2,2	39,1	21,9	62,9	50,1	62,5
	-----testemunha absoluta x 75 kg ha ⁻¹ de Ca (CaCl ₂)-----							
test. absoluta	4,9	63,5	2,0	38,0	21,8	61,5	49,3	61,8
test. com Ca	5,0	63,0	2,3	40,3	22,0	64,3	51,0	63,1
	-----fontes: nitrato de Ca + nitrato de amônio (1) x nitroplus 9 + uréia (2)-----							
fonte 1	5,1 a	56,6	2,0	40,4	23,8	66,0	53,6	61,3
fonte 2	4,9 b	59,1	2,0	38,3	22,9	63,0	51,6	61,0
	-----doses de Ca (kg ha ⁻¹) nitrato de Ca – nitroplus 9-----							
(1) 0 – 0	5,0	59,4	2,2	37,9	23,3	62,9	51,4	60,3
(2) 25 – 25	5,0	59,8	1,8	39,0	23,0	63,5	51,0	61,5
(3) 50 – 37,5	5,0	58,5	2,0	38,1	23,3	63,0	51,5	60,7
(4) 75 – 50	5,1	52,0	2,0	38,0	23,1	63,3	55,4	60,4
(5) 100 – 75	5,0	59,5	2,1	43,6	24,0	69,6	53,6	63,0
CV %	3,2	15,2	25,6	13,7	20,5	14,7	13,0	5,0
M geral	5,0	58,7	2,0	39,3	23,1	64,2	52,2	61,4

¹ Médias não acompanhadas por letras ou seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

7 CONCLUSÕES

- Os fatores (83 kg ha^{-1} de N associado a diferentes doses de Ca) influíram nos teores e quantidades de N, P e Mg nos tecidos analisados (parte aérea e tubérculos).
- As fontes de Ca e N utilizadas influíram nos teores e/ou quantidades de P, Mg e S nos tecidos analisados.
- Verificou-se que 69 DAE foi a melhor época para análise de Ca nos tubérculos.
- Aos 69 DAE, as doses de Ca iguais ou maiores a 50 kg ha^{-1} na fonte 1 (nitrato de Ca + nitrato de amônio) e $37,5 \text{ kg ha}^{-1}$ na fonte 2 (nitroplus 9 + uréia), determinaram aumentos no teor de Ca nos tubérculos.
- Aos 69 DAE, a adição de 75 kg ha^{-1} de Ca, na forma de CaCl_2 , aumentou o teor de Ca nos tubérculos em 33 %, mas reduziu seu teor de matéria seca.

- Os fatores (83 kg ha^{-1} de N associado a diferentes doses de Ca) determinaram aumentos na produção comercial e total de tubérculos, em relação às testemunhas.
- Os fatores, quando comparados com a testemunha absoluta, aos 42 DAE e 69 DAE, determinaram redução na porcentagem de matéria seca nos tubérculos.
- Aos 69 DAE, as doses mais altas de Ca ($100\text{-}75 \text{ kg ha}^{-1}$) em comparação com a menor (0 kg ha^{-1}), reduziram a porcentagem de matéria seca nos tubérculos.
- Os tratamentos realizados não influíram significativamente na incidência de defeitos internos dos tubérculos (coração oco e mancha chocolate).
- Nas características químicas do solo, a fonte 1 (nitrato de Ca + nitrato de amônio) determinou um pH médio de 5,1 (mais alto), enquanto o pH foi de 4,9 (mais baixo) para fonte 2 (nitroplus 9 + uréia).

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

ASKEW, M.F. Potato. In: WICHMMAN, W. (coord. e ed.) *IFA – World Fertilizer Manual*.
Nayland: International Fertilizer Industry Association, 1992. p.119-37.

BAKER, D.A. Uptake of cations and their transport within the plant. In: ROBB, D.A.,
PIERPOINT, W.S. (Ed.) *Metals and micronutrients: uptake and utilization by plants*.
London: Academic Press, 1983, p.3-17.

BAMBERG, J.B., PALTA, J.P., PETERSON, L.A., MATRIN, M., KRUEGER, A.R.
Screening tuber-bearing *Solanum* (potato) germplasm for efficient accumulation of tuber
calcium. *Am. Potato J.*, v.70, n.3, p.219-26, 1993.

* UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agrônomicas. Normas para a elaboração
de dissertação e teses. Botucatu, 1997. 35p.

BARTZ, J.A., LOCASCIO, S.J., WEINGARTNER, D.P. Calcium and potassium fertilization

of potatoes grown in north Florida. II. Effect on the bacterial soft rot potential in the tubers.

Am. Potato J., v.69, p.39-50, 1992.

BEUKEMA, H.P., ZAAG, D.E. *Introduction to potato production*. 3 ed. Wageningen:

Pudoc, 1990. 208p.

BIANCHI, M.A., CERETTA, C.A., FIOREZE, C., AITA, C. Alterações nas propriedades

químicas do solo e no rendimento de batata e milho pelo uso de calcário e gesso. In:

REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS,

20, 1992, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba, 1992. p.132-3.

BOLAN, N.S., HEDLEY, M.J., WHITE, R.E. Processes of soil acidification during nitrogen

cycling with emphasis on legume based pastures. In: WRIGHT, R.J., BALIGAR, V.C.,

MURRMAN, R.P. (eds.) *Plant-soil interactions at low pH*. Beckley: Kluwer Academic

Publishers, 1990. p.169-70.

BURTON, W.G. *The potato*. 3ed. New York: Longman, 1989, 742p.

CONSORTE, J.E. *Efeito da calagem e de doses crescentes de nitocálcio na produção e*

qualidade de tubérculos de batata (Solanum tuberosum L.) cv. Aracy. Botucatu, 1996.

99p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

CORASPE-LEÓN, H.M. *Aplicações foliares de ácido giberélico sobre a dormência de batata-semente (Solanum tuberosum L.) cv. Atlantic*. Piracicaba, 1995. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

DAVIES, H.V., MILLARD, P. Fractionation and distribution of calcium in sprouting and non-sprouting potato tubers. *Ann.Bot. (Lond.)*, v.56, n.6, p.745-54, 1985.

EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, 1999. 412p.

FONTES, P.C.R. Nutrição mineral e adubação. In: REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Coord.). *Produção de batata*. Brasília: Linha Gráfica, 1987. p.40-56.

FONTES, P.C.R. Calagem e adubação da cultura da batata. *Inf. Agropec.*, v.20, n.197, p.42-52, 1999.

GRANJA, N.P., MIRANDA FILHO, H.S., RAMOS, V.J. Efeito do cálcio na produtividade e qualidade de dois cultivares IAC de batata. II - Teor de matéria seca e porcentual de podridões. *Hortic.Bras.*, v.8, n.1, p.44, 1990.

- HARTMANS, K.J., ES, A. The influence of calcium during ageing of seed potatoes. In:
TRIENNIAL CONFERENCE OF THE EAPR, 10, 1987, Aalborg. *Abstracts...* Aalborg,
1987. p.306-7.
- HEEMST, H.D.J. The distribution of dry matter during growth of a potato crop. *Potato Res.*,
v.29, n.1, p.55-6, 1986.
- HOOKER, W.J. (Ed.). *Compendium of potato diseases*. 4.ed. St. Paul: The American
Phytopathological Society, 1990. 125p.
- JOERN, B.C., VITOSH, M.L. Influence of applied nitrogen on potato: part I - yield, quality,
and nitrogen uptake. *Am. Potato J.*, v.72, n.1, p.51-63, 1995.
- JONES, M.F.Jr., WOLF, B., MILLS, H.A. *Planta analysis handbook*. Athens: Micro-Macro
Publishing, 1991. 213p.
- KAMPRATH, E.J., FOY, C.D. Lime-fertilizer plant interactions in acid soils. In:
ENGELTAD, O.P. (Ed.). *Fertilizer technology and use*. 3.ed. Madison: Soil Science
Society of America, 1985. p.91-151.

KRATZKE, M.G., PALTA, J.P. Calcium accumulation in potato tubers: role of the basal roots. *HortScience*, v.21, p.1022-24, 1986.

MALAVOLTA, E. ABC da adubação. 4.ed. São Paulo: Ceres, 1979. 256p.

MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafós, 1989. 201p.

MANRIQUE, L.A. Analysis of growth of kennebec potatoes grown under different environments in the tropics. *Am.Potato J.*, v.66, n.5, p.277-291, 1989.

McGUIRE, R.G., KELMAN, A. Reduced severity of *Erwinia* soft rot in potato tubers with increased calcium content. *Phytopathology*, v.74, p.1250-6, 1984.

MIRANDA FILHO, H.S. Batata. *Bol. Téc. Inst. Agron. Campinas*, n. 100, p.225, 1997.

MIRANDA FILHO, H.S., GRANJA, N.P., RAMOS, V.J. Efeito do cálcio na produtividade e qualidade de dois cultivares IAC de batata. 1. Produção e classificação. *Hort. Brasileira*, v.8, n.1, p.53, 1990.

MELO, P.E. Cultivares de batata potencialmente úteis para processamento na forma de fritura

- no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados. *Inf. Agropec.*, v.20, n.197, p.112-9, 1999.
- MONDY, N.Y., GOSSELYN, B., PONNAMPALAM, R. Effect of soil applications of magnesium sulfate and dolomite on the quality of potato tubers. *Am. Potato J.*, v.64, p.27-34, 1987.
- NAKANAE, I.J., PASTRELO, C.P. *Agrianual 2001 - anuário da agricultura brasileira - FNP consultoria & comércio*. São Paulo: Argos, 2000. 545p.
- PAGEL, W., HEITEFUSS, R. Investigations on the role of calcium and some cell wall properties for the susceptibility of potato cultivars against *Erwinia carotovora*. In: TRIENNIAL CONFERENCE OF THE EAPR, 10, 1987, Aalborg. *Abstracts...* p.144-5.
- PALTA, P.J. *Impacto da nutrição com cálcio na produção e qualidade do tubérculo*. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 1997. 7p.
- PEREIRA, A.S. Composição química, valor nutricional e industrialização. In: REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Coord.). *Produção de batata*. Brasília: Linha Gráfica, 1987. p.12-8.
- PODER, D. Effects of auxin and calcium on phosphate partitioning in induced potato (*Solanum tuberosum* L.) cuttings. *Potato Res.*, v.33, p.465-8, 1990.

- PROKKOLA, S. Effect of applying nitrogen fertilizer to a potato seed crop on the susceptibility of the daughter plants to *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. *Potato Res.*, v.37, p.103-11, 1994.
- QUAGGIO, J.A., RAMOS, V.J., BATAGLIA, O.C., RAIJ, B. van, SAKAI, M. Calagem para a sucessão batata-triticales-milho usando calcário com diferentes teores de magnésio. *Bragantia*, v.44, t.1, p.391-406, 1985.
- RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. 2ª ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (IAC Boletim Técnico 100).
- SANTA CATARINA. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. *Sistemas de produção de batata: consumo e semente*. EMPASC: Florianópolis, 1983. 51p.
- SILVA, G.H., CHASE, R.W., HAMMERSCHMIDT, R., VITOSH, M.L., KITCHEN, R.B. Irrigation, nitrogen and gypsum effects on specific gravity and internal defects of Atlantic potatoes. *Am. Potato J.*, v.68, n.11, p.751-65, 1991.
- SIMMONS, K.E., KELLING, K.A., WOLKOWSKI, R.P., KELMAN, A. Effect of calcium source and application method on potato yield and cation composition. *Agron. J.*, v.80, n.1, p.13-21, 1988.

- SIMMONS, K.E., KELLING, K.A. Potato responses to calcium application on several soil types. *Am. Potato J.*, v.64, n.3, p.119-36, 1987.
- SINGH, J.P. Tissue analysis technology fertilization of potato grown under subtropics short day conditions. *Fertil. Res.*, v.36, n.1, p.19-27, 1993.
- SMITH, O. Mineral nutrition of the potato. In: _____. *Potatoes: production storing processing*. 2. ed. Westport: Avi, 1977. p.222-302.
- STERRETT, S.B., HENNINGER, M.R. Influence of calcium on internal heat necrosis of Atlantic potato. *Am. Potato J.*, v.68, n.7, p.467-77, 1991.
- TRANI, P.E., HIROCE, R., BATAGLIA, O.C. Análise foliar: amostragem e interpretação. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 18p.
- TZENG, K.C., KELMAN, A., SIMMONS, K.E., KELLING, K.A. Relationship of calcium nutrition to internal brown spot of potato tubers and sub-apical necrosis of sprouts. *Am. Potato J.*, v.63, n.2, p.87-97, 1986.
- VIVANCOS, A.D. Tuberculos y raices. In: _____. *Tratado de fertilizacion*. Madrid: Mundi-Prensa, 1984. p.321-34.
- WALWORTH, J.L., MUNIZ, J.E. A compendium of tissue nutrient concentrations for field-

grown potatoes. *Am. Potato J.*, v.70, n.8, p. 579-96, 1993.

WESTERMANN, D.T., TINDALL, T.A., JAMES, D.W., HORST, R.L. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugars and starch. *Am. Potato J.*, v.71, n.7, p.433-454, 1994.