

ALTERAÇÕES ENZIMÁTICAS E PROTÉICAS NOS TUBÉRCULOS DE DUAS CULTIVARES DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.) EM DECORRÊNCIA DA APLICAÇÃO DE SELÊNIO NO SOLO¹

ÂNGELA DINIZ CAMPOS², CLAUDIO JOSÉ DA SILVA FREIRE e DELORGE MOTA DA COSTA³

RESUMO - O efeito da aplicação de selênio na forma de selênio de sódio (Na_2SeO_3) no solo foi estudado em duas safras consecutivas, aplicado nas quantidades de 2,5, 5,0 e 7,5 kg/ha, um dia antes do plantio da batata cv. Baronesa e cv. Monte Bonito. Verificou-se aumento significativo nos teores de proteína total e decréscimo na atividade da polifenoloxidase e peroxidase, na dosagem de 2,5 kg.ha⁻¹ de selenito de sódio. Os tratamentos testados não provocaram alterações no conteúdo de matéria seca dos tubérculos.

Termos para indexação: proteína, polifenoloxidase, peroxidase.

ENZYME AND TOTAL PROTEIN VARIATION IN TWO POTATO (*Solanum tuberosum* L.) CULTIVAR TUBERS DUE TO SELENIUM APPLICATION IN THE SOIL

ABSTRACT - Enzyme and total protein varied in potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivar tubers due to selenium application in the soil. The effect of application soil sodium selenite (Na_2SeO_3) at 2,5, 5,0 or 7,5 kg.ha⁻¹ applied one day before planting was studied with the potato cultivars Baronesa and Monte Bonito during a growth season. The 2,5 kg.ha⁻¹ treatment significantly increased protein levels, whereas polyphenoloxidase and peroxidase activity was significantly decreased. There was no effect of treatment in the tuber dry matter.

Index terms: protein, polyphenoloxidase, peroxidase.

INTRODUÇÃO

A batata é uma das hortaliças de maior importância econômica no Brasil. No período de 1986-90, a produção foi de 2,14 milhões de toneladas, em média, cultivada em 163.881 hectares, com produtividade média de 13 t.ha⁻¹ (Camargo Filho et al., 1993).

Excelente fonte de importantes compostos nutricionais, a batata pode fornecer proteína de boa qualidade (Kaldy Markalzis, 1972). Woolfe (1987) verificou que o valor biológico da proteína da batata é alto, e que o conceito de alimento energético e apenas fornecedor de calorías não é verdadeiro.

Atualmente, há exigências cada vez maiores por produtos de qualidade e com valor nutritivo. O selênio (Se) é um dos principais elementos nas terapias antioxidantes, componente de fórmulas que garantem o bem-estar e a longevidade; associado à batata, oferecerá ao consumidor um alimento de melhor valor nutritivo.

O Se é considerado um mineral essencial a humanos adultos, na quantidade de 50 a 70 µg/dia (Committee on Dietary Allowances, 1989).

É prática, na Nova Zelândia e Finlândia, adicionar Se a fertilizantes, que serão usados na produção de alimentos (Korckman, 1987).

O Se está presente em quantidades detectáveis no solo, usualmente abaixo de níveis tóxicos, exceto em regiões semi-áridas, em solos originados de xistos cretáceos (Rosenfeld & Beath, 1964, citados por Stadtman, 1974). Seu nível normal médio, nos solos, varia de 0,1 a 2,0 ppm (Swaine, 1955) e os níveis altos chegam a 324 ppm (Walsh & Flemming,

¹ Aceito para publicação em 29 de maio de 1995.

² Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA/CPACT, Caixa Postal 403, CEP 96001-970 Pelotas, RS.

³ Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA/CPACT Caixa Postal 403, CEP 96001-970 Pelotas, RS.

1978). Em climas úmidos ou em condições de irrigação, o Se é lixiviado (Stadtman, 1974).

A absorção de 3 mg ou mais por dia é considerada tóxica (Food and Nutrition Board, 1976). Munshi & Mondy (1991) verificaram que a aplicação de selenito de sódio em níveis de até 18,0 kg/ha proporcionou concentração máxima de Se nos tubérculos de batata de 0,93 ppm (p.f.); a quantidade de 11,2 kg/ha, por sua vez, já não resultou em aumento na concentração de Se nos tubérculos. Isso indica que a batata cv. Katahdin acumulou Se em quantidades não prejudiciais ao consumo humano, nesses níveis de fertilização.

A absorção de Se é considerada análoga à de sulfito (Girling, 1984). O Se atua substituindo as moléculas de S ligadas à cisteína e metionina (Munshi et al., 1990). Geissel-Nielsen (1971) observou que o Se, na forma de selenito, é metabolizado em selenometionina e translocado para a parte aérea da planta.

O Se influencia o metabolismo das proteínas e dos aminoácidos e possui muitas propriedades em comum com o S (Munshi et al, 1990). Em plantas não-acumuladoras, contendo Se na proteína, foi detectada a selenometionina insolúvel e o Se inorgânico, ao passo que, em plantas acumuladoras, o Se foi convertido em solúvel (menos fitotóxico), como em selenoaminoácidos, metilselenocisteína e selenocistationina (Bütter & Peterson, 1967).

O escurecimento é um dos fatores limitantes para a boa qualidade final da batata no processamento (Matheis, 1987).

A polifenoloxidase (PPO, EC 1.14.18.1) (Matheis, 1987) e a peroxidase (hydrogen peroxide oxidoreductase, EC 1.11.1.7.) (Putter & Becker, 1983) são responsáveis pelo escurecimento, principalmente a PPO, que tem maior ação no processo de escurecimento enzimático das batatas.

Nos tubérculos intactos, a polifenoloxidase e os substratos fenólicos estão separados. Com o rompimento das células, enzima e substratos entram em contato, na presença de O₂ molecular, e a polifenoloxidase catalisa a oxidação de compostos fenólicos, que levam à formação indesejável de produtos coloridos (Matheis, 1987).

A peroxidase é uma enzima complexa, com uma cadeia de isoenzimas, com diferentes afinidades com

vários substratos; alguns compostos fenólicos são prontamente oxidados pela peroxidase na presença de peróxido de H e produzem produtos de oxidação que são pigmentos escuros (Reigh, 1974; Badiani et al., 1990).

A baixa concentração dessas enzimas é considerada fator bastante positivo na qualidade para consumo e processamento industrial (Matheis, 1987).

Este trabalho teve como objetivo determinar o efeito do Se no teor de proteína total, na atividade da peroxidase e polifenoloxidase, para melhorar o valor nutritivo da batata e reduzir o escurecimento enzimático no processamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Município de Pelotas (RS), situado geograficamente à latitude 31°52'00" Sul e longitude 52°21'24" Oeste de Greenwich, com clima Cfa na classificação de Köppen, sob condições de campo, em solo Franco-Arenoso, classificado como Planossolo. As cultivares testadas foram Baronesa e Monte Bonito. A aplicação de Se foi feita em pulverização no sulco, um dia antes do plantio, na forma de selenito de sódio (Na₂SeO₃), nas doses de 0 (testemunha), 2,5, 5,0 e 7,5 kg/ha.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com cinco repetições, e as avaliações foram feitas por duas safras consecutivas.

As determinações bioquímicas e físicas foram realizadas por cultivar, os tubérculos foram seccionados transversalmente na parte central, onde as análises foram efetuadas, após trituração e homogeneização, determinando-se:

- proteína total (%) - avaliada pelo método Microkjeldahl, descrito por Tedesco (1978);
- atividade da peroxidase (unidade/minuto) - determinada de acordo com a técnica descrita por Ferhman & Diamond (1967);
- atividade da polifenoloxidase (unidade/minuto) - determinada de acordo com a técnica descrita por Ponting & Joslyn (1948);
- umidade (%) - determinada por secagem em estufa com circulação de ar, a 60°C e até peso constante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fertilização com selenito de sódio, na quantidade de 2,5 kg/ha, proporcionou aumento significativo no conteúdo de proteína total dos tubérculos das cultivares Monte Bonito (15,90%) e Baronesa (13,08%), quando comparadas com os da testemunha (Fig. 1). As percentagens de proteína total do córtex dos tubérculos das cvs. Monte Bonito e Baronesa, neste estudo, foram relativamente superiores à encontrada por Munshi et al. (1990), que obtiveram aumento de 6,7% (b.s.), com a aplicação de 5,6 kg/ha de selenito de sódio, na cv. Katahdin.

De acordo com Stadtman (1974), o mecanismo que controla o limite de incorporação do Se nas proteínas das células, análogo ao do S nos aminoácidos, não é conhecido. Mas foi postulado que o sistema de enzimas que converte selenocistina em derivados de Se-metil e em dipeptídeo do aminoácido metilado é especialmente ativo e, assim, atua como mecanismo de desintoxicação nessas plantas. Entretanto, neste estudo, o aumento nos teores de proteína total talvez possa ser atribuído à

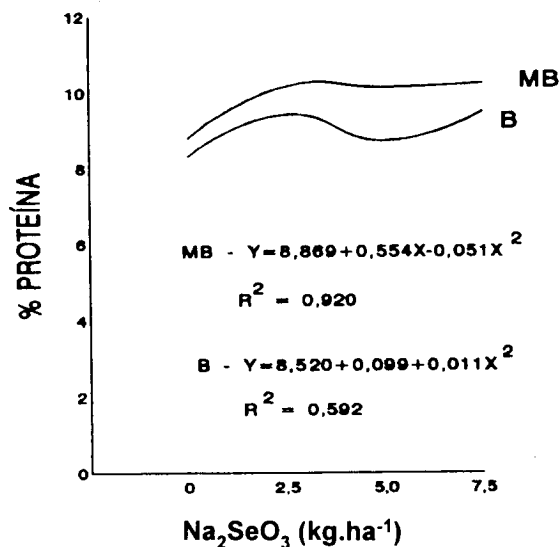


FIG. 1. Efeito de diferentes níveis de Se aplicado no solo, na forma de selenito de sódio (Na_2SeO_3), no teor de proteína do córtex da batata Baronesa (B) e cv. Monte Bonito (MB).

ativação desse sistema de enzimas, o qual estaria atuando já em nível de 2,5 kg/ha.

Quanto à atividade da polifenoloxidase no córtex dos tubérculos (Fig. 2), a dosagem de 2,5 kg/ha de selenito de sódio reduziu significativamente a atividade enzimática nas duas cultivares, e, na dosagem maior (7,5 kg/ha), houve aumento dessa atividade, principalmente na cv. Monte Bonito. A redução da atividade da polifenoloxidase é desejável em batatas destinadas ao processamento, por apresentarem assim menor formação de produtos coloridos. A correlação positiva entre a taxa de escurecimento e a concentração de polifenoloxidase foi bastante estudada em diferentes cultivares de batata (Clarck et al., 1957; Welte & Müller, 1966; Bolzkov, 1970; Ogawa & Uritani, 1970; Amberger & Schaller, 1975; Matheis & Belltz, 1977), citados por Matheis, 1987.

A atividade da peroxidase foi menor nos tubérculos da cv. Monte Bonito, com a aplicação de 7,5 kg/ha de selenito de sódio; a dosagem de 5,0 kg/ha proporcionou menor atividade dessa enzima na cv. Baronesa (Fig. 2).

A baixa atividade da peroxidase e da polifenoloxidase nos tubérculos pode ser atribuída à ação antioxidante do Se, o que está de acordo com Tölg (1984) e Ringdal et al. (1984), citados por Ari et al. (1991), que afirmam que o Se é um constituinte da enzima glutathione peroxidase, que reduz peróxidos lipídicos e peróxidos de H a álcool e água, respectivamente. Esta atividade é antioxidante em razão, principalmente, da redução do H_2O_2 pelo Fe^{2+} , para produzir radicais hidroxil, que é o principal iniciador da peroxidação.

Segundo Munshi et al. (1990) e Munshi & Mondy (1991), a fertilização com Se aumenta o conteúdo desse elemento nos tubérculos da batata sem, no entanto, atingir níveis tóxicos; o maior nível de Se ($18 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Na_2SeO_3) estudado por esses autores foi de 0,93 ppm (p.f.), o que equivale a $93,0 \mu\text{g}$ de Se por 100 g de batata, sendo de $200 \mu\text{g}$ a quantidade máxima diária ingerida sem perigos à saúde, conforme recomendação do National Research Council (1989). Neste estudo, a dosagem recomendada de selenito de sódio (Na_2SeO_3) corresponde a $2,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, que está muito abaixo dos níveis já testados, e, portanto, a absorção será ainda menor.

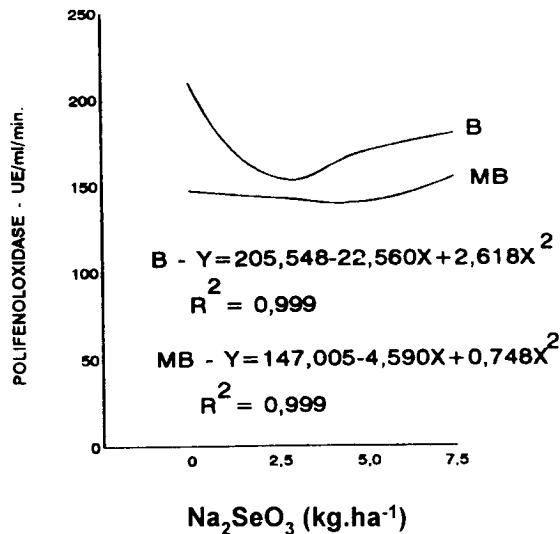
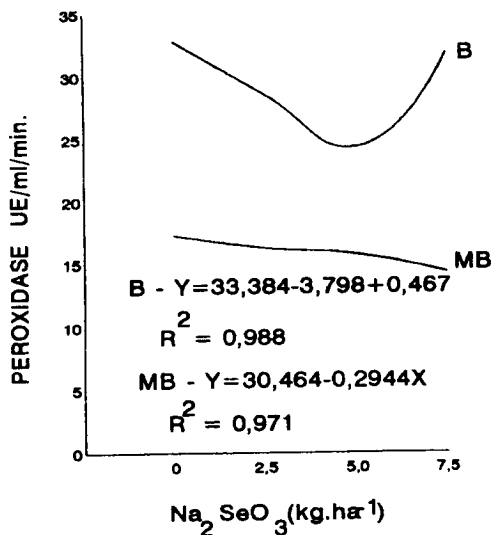


FIG. 2. Efeito de diferentes níveis de Se aplicado no solo, na forma de selenito de sódio (Na_2SeO_3), no teor de peroxidase e polifenoloxidase do córtex da batata cv. Baronesa (B) e cv. Monte Bonito (MB).

CONCLUSÕES

1. A melhor dosagem de selenito de sódio (Na_2SeO_3) para fertilização da batata cv. Baronesa e cv. Monte Bonito com Se é de 2,5 kg/ha, proporcionando maior aumento no teor de proteína total e decréscimo na atividade de polifenoloxidase e peroxidase.

2. O selenito de sódio (Na_2SeO_3) melhora a qualidade nutricional da batata, aumentando os níveis de proteína e reduzindo a atividade da polifenoloxidase, que desempenha o papel-chave no escurecimento enzimático das batatas.

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Claiton Amaral Kuhn, assistente de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARI, V.; VOLKAN, M.; ARAS, N.K. Determination of selenium in diet by zeeman effect graphite furnace atomic absorption spectrometry for calculation of daily dietary intakes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.39, n.12, p.2180-2183, 1991.

BADIANI, M.; BIASI, M.C.; FELI, M. Soluble peroxidase from winter wheat seedlings with phenoloxidase-like activity. *Plant Physiology*, v.92, p.489-494, 1990.

BÜTTER, C.W.; PETERSON, P.J. Uptake and metabolism of inorganic forms of selenium-75 by *Spirodela loygonhizha*. *Australian Journal Biology Science*, v.20, p.77-86, 1967.

CAMARGO FILHO, W.P.; SUEYOSHI, M.L.S.; CAMARGO, A.M.M.P.; MAZZEI, A.R. Produção e mercado de batata no Brasil no período 1971-90., *Agricultura em São Paulo*, São Paulo, v.40, n.1, p.183-204, 1993.

COMMITTEE ON DIETARY ALLOWANCES. *Recommended dietary allowances*. Washington: [s.n.], 1989. p.6.

FERHMAN, H.; DIAMOND, A.E. Peroxidase activity and phytophthora resistance in different organs of the potato plant. *Phytopathology*, Lancaster, v.57, p.69-72, 1967.

FOOD AND NUTRITION BOARD. Selenium and human health. *Nutrition Reviews*, v.3, p.347-348, 1976.

GIRLING, C.A. Selenium in agriculture and environment. *Agriculture Ecosystems and Environment*, v.11, p. 37-65, 1984.

- GEISSEL-NIELSEN, G. Influence of pH and texture of the soil on plant uptake of added selenium. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.19, p.1165-1167, 1971.
- KALDY, M.S.; MARKALZIS, P. Amino acid composition of selected potato varieties. **Journal Food Science**, v.37, p.375-377, 1972.
- KORCKMAN, J. Selenium in fertilizers. **Fertilizer International**, n.248, p.12-13, 1987.
- MATHEIS, G. Polyphenoloxidase and enzymatic browning of potatoes (*Solanum tuberosum*). II. Enzymatic browning and potato constituents. **Chemistry Mikrobiologie Technologie der Lebensmittel**, v.11, p.33-41, 1987.
- MUNSHI, C.B.; MONDY N.I. Effect of selenium fertilization on the concentration of selenium, other minerals, and ascorbic acid in potatoes. **Journal of Food Quality**, v.14, p.521-527, 1991.
- MUNSHI, C.B.; COMBS, G.F.; MONDY, N.I. Effect of selenium on the nitrogenous constituents of the potato. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 38, p.2000-2002, 1990.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Food and Nutrition Board. **Recommended Dietary Allowance**. 10th ed. Washington, DC: National Academy of Science, 1989.
- PONTING, J.D.; JOSLYN, M.A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. **Archives of Biochemistry**, v.19, p. 47-63, 1948.
- PUTTER, J.; BECKER, R. Peroxidase. In: BERGMAYER, H. **Methods of enzymatic analysis**. Weinheim: Veriag Chemie, 1983. p.286-296.
- REIGH, D.L.; WENDER, S.H.; SMITH, E.C. Phenolic inhibition of Isoperoxidase A-3 catalysed scopoletin oxidation. **Tobacco Science**, v.18, p.100-102, 1974.
- STADTMAN, T.C. Selenium biochemistry. **Science**, v.183, p.915-222, 1974.
- SWAINE, D.J. **The trace element content of soils**. Rothamstead: **Exp.Stn.Techn.Comm.**, 1955. p.157 (Commun Bur.Soiils.Sci., 48).
- TEDESCO, M.J. **Métodos de análise de nitrogênio total, amônia, nitrito em solos e tecido vegetal**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, 1978. 19p.
- WALSH, T.; FLEMMING, G.A. **Selenium levels in rocks, soils and herbage from a high-selenium locality in Ireland**. Ireland: Int.Soc.Soil.Sci.Trans., 1978. (Commun. II, IV).
- WOOLFE, J.A. The nutritional value of the components of the tuber. In: THE POTATO in the human diet. Cambridge, 1987. p.19-57.