

EFEITOS DA PODA NA DETERIORAÇÃO FISIOLÓGICA, ATIVIDADE ENZIMÁTICA E NOS TEORES DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM RAÍZES DE MANDIOCA¹

MARIA DO SOCORRO ANDRADE KATO², VÂNIA DÉA DE CARVALHO³ e HÉLIO CORRÊA⁴

RESUMO - Foi estudada a influência da poda na atividade enzimática (fenilalanina amônia liase, polifenoloxidase e peroxidase) e nos teores de fenólicos e seus efeitos na redução do grau de deterioração fisiológica de raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). Pelos resultados obtidos concluiu-se que a poda da parte aérea aos 21 e 28 dias reduziu significativamente a deterioração das raízes e que, independentemente da poda, a permanência das raízes no solo também reduziu o grau de deterioração. Raízes de plantas podadas apresentaram maiores atividades da fenilalanina amônia liase e menores atividades de polifenoloxidase, e menores teores de fenólicos totais e suas funções di, ali e poliméricos.

Termos para indexação: *Manihot esculenta*, cultivar, fenilalanina amônia liase, polifenoloxidase, peroxidase.

EFFECTS OF PRUNING ON PHYSIOLOGICAL DETERIORATION, ENZYMATIC ACTIVITY AND PHENOLIC COMPOUND LEVELS IN CASSAVA ROOTS

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the influence of pruning in the enzymatic activity (phenylalanine ammonia lyase, polyphenol oxidase and peroxidase) and phenolic levels as much as its effects on the reduction of the physiological deterioration degree of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) roots. Canops pruning at 21 and 28 days caused significant reduction of root deterioration. Besides, independently of pruning, the permanence of roots in the soil also reduced root deterioration degree. Roots of pruned plants showed more phenylalanine ammonia lyase activities and less polyphenol oxidase activities as much as shorter total phenolic levels and their di, oli and polymeric functions.

Index terms: *Manihot esculenta*, cultivar phenylalanine ammonia lyase, polyphenol oxidase, peroxidase.

INTRODUÇÃO

A deterioração fisiológica de raízes de mandioca é fator limitante ao seu armazenamento, e seu aparecimento é função, principalmente, dos danos mecânicos que sofrem as raízes durante a colheita e manuseio, da susceptibilidade da cultivar, da época de colheita, além de outros fatores.

Carvalho et al. (1985), Rickard & Gahan (1983), Tanaka et al. (1984) e outros, atribuem à deterioração fisiológica as reações oxidativas que envolvem os compostos fenólicos. Foi demonstrado por Padmaja et al. (1982), Balagopalan & Padmaja (1984) e Uritani et al. (1984) que a polifenoloxidase está altamente associada à coloração vascular azul das raízes de mandioca, pela sua ação ao oxidar os fenóis, produzindo orto-quinonas que são combinadas com aminoácidos e proteínas, formando pigmentos amarronzados insolúveis, e resultando assim em deterioração.

Tem sido demonstrado por Data et al. (1984) e Wheatley et al. (1977) que a poda da parte aérea antes da colheita reduziu o nível de deterioração fisiológica das raízes de man-

¹ Aceito para publicação em 21 de novembro de 1990

² Enga. - Agra., M.Sc., EMBRAPA/UEPAE de Belém, Caixa Postal 130, CEP 66240 Belém, PA.

³ Enga. - Agra., D.Sc., EPAMIG, Caixa Postal 176, CEP 37200 Lavras, MG.

⁴ Eng. - Agr., M.Sc., Prof., ESAL, Caixa Postal 37, CEP 37200, Lavras, MG.

dioca, e por conseguinte, aumentou o tempo de armazenamento das raízes frescas.

Alguns autores foram unânimes ao demonstrar que houve acréscimo na atividade da peroxidase com o aumento do grau de deterioração fisiológica (Carvalho et al. 1985 e Rickard & Gahan 1983). Porém com relação à polifenoloxidase, os resultados são controversos e parecem estar associados às cultivares analisadas e aos métodos de extração desta enzima.

Uritani et al. (1984) e Carvalho et al. (1985) não observaram aumentos na atividade polifenoloxidase, com acréscimos no grau de deterioração fisiológica, porém, Padmaja et al. (1982) e Data et al. (1984) demonstraram haver relação positiva entre aumentos no grau de deterioração fisiológica e atividade polifenoloxidase.

Tanaka & Uritani (1977) verificaram em superfícies danificadas de batata, que o desenvolvimento da atividade fenilalanina amoníase inicia-se antes da produção dos polifenóis, e quando atinge o seu máximo, a atividade decresce.

Data et al. (1984), ao determinar o efeito da poda nas mudanças bioquímicas de raízes de mandioca, observaram que as raízes de plantas podadas apresentavam menores atividades enzimáticas (Fenilalanina amoníase e polifenoloxidase) que raízes de plantas não podadas.

No intuito de contribuir para minimizar as perdas pós-colheita e proporcionar melhores condições de preservação das raízes a baixo custo, foi conduzido este trabalho, com o objetivo de se determinar o efeito da poda da parte aérea no grau de deterioração fisiológica, nos teores de fenólicos e nas atividades de algumas enzimas das raízes.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em Latossolo Roxo distrófico, no Campo da Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL, em Lavras, MG, no período de outubro de 1985 a novembro de 1986.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas com quatro repeti-

ções. Os tratamentos foram arranjados nas parcelas de modo fatorial, resultante da combinação de duas cultivares (Mantiqueira (BRA 008648) - Mesa e IAC 12829 (BRA 005177) - industrial) por cinco épocas de colheita (0, 7, 14, 21 e 28 dias após a poda da parte aérea). As parcelas foram subdivididas em tratamentos com e sem poda.

As manivas sementes foram plantadas em sulcos no espaçamento de 1,00 m x 0,60 m, e aos 12 meses realizou-se a poda nos tratamentos com poda e as colheitas nas épocas acima citadas.

Foram avaliadas as seguintes características:

Deterioração fisiológica - foram acondicionadas 25 raízes/tratamentos em recipientes plásticos, armazenadas em condições ambientais e avaliadas quanto ao grau de deterioração fisiológica aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias. Em cada avaliação foram colhidas, ao acaso, cinco raízes/tratamentos e avaliadas as percentagens de deterioração. Utilizou-se a escala e a fórmula aplicada por Booth citada por Wheatley et al. (1982) para esta avaliação.

Atividade de polifenoloxidase - extraída de acordo com o método proposto por Matsuno & Uritani (1972) e determinada segundo método proposto por Data et al. (1984).

Atividade peroxidase - extraída e identificada de acordo com o método de Matsuno & Uritani (1972).

Atividade fenilalanina amoníase - extraída e identificada de acordo com o método de Rhodes e Wooltorton (1971).

Compostos fenólicos - extraídos de acordo com a técnica de Swain & Hillis (1959) separando-se os fenólicos diméricos, oligoméricos e poligoméricos e identificados pelo método de Folin Denis descrito pela Association of Official Analytical Chemists (1970).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Raízes de plantas podadas apresentaram menores graus de deterioração fisiológica, que raízes de plantas não podadas (Fig. 1). O efeito da poda na redução da deterioração fisiológica foi marcante, pois as raízes de ambas cultivares apresentavam, no oitavo dia de armazenamento, menos de 20% de deterioração fisiológica (Fig. 2). Montaldo (1973) considera como cultivares resistentes aquelas que apresentarem, no sexto dia de armazenamento, deterioração fisiológica inferior a 50%.

No presente trabalho, a poda conferiu resistência a estas cultivares, principalmente a cultivar IAC 12-829, que segundo Carvalho et al. (1982) é classificada como suscetível à deterioração fisiológica.

A poda, quando efetuada aos 21 dias (três semanas) e 28 dias (quatro semanas) antes da

colheita, apresentou-se mais eficiente no controle desta deterioração, chegando ao oitavo dia de armazenamento com menos de 30% de deterioração fisiológica. O baixo grau de deterioração fisiológica aos 21 dias, pode ser atribuído ao menor teor de fenólicos totais, e aos 28 dias, as maiores taxas de umidade das raízes, atribuídas à mais alta precipitação pluvial neste período. Data et al. (1984) e Wheatley et al. (1980) também demonstram a efetividade da poda três semanas antes da colheita na redução do grau de deterioração fisiológica das raízes de mandioca.

A permanência das raízes no solo, com e sem poda, reduziu o grau de deterioração fisiológica (Fig. 1), sugerindo que a redução no grau de deterioração fisiológica pode estar também relacionada com a permanência das plantas no campo.

A poda também influenciou a taxa de desenvolvimento da deterioração fisiológica. Observou-se que as raízes de plantas não podadas apresentavam maior velocidade de deterioração do que raízes de plantas podadas (Fig. 2).

Segundo Rickard & Coursey (1981) o efeito da poda no armazenamento das raízes é detectável após as duas primeiras semanas e seu efeito máximo é alcançado quando as raízes são colhidas três semanas após a poda.

Santiago (1985) também avaliou o efeito da poda na conservação e qualidade de cinco cultivares de mandioca e concluiu que a poda reduziu a deterioração fisiológica em todas as cultivares testadas, mas somente conferiu resistência a três cultivares.

Raízes de mandioca podadas apresentaram maiores atividades específicas e proteolíticas da fenilalanina amônia liase que raízes de plantas não podadas (Fig. 3 e 5).

A atividade específica da fenilalanina amônia liase aumentou significativamente aos sete dias após a poda, posteriormente, houve decréscimo desta atividade (Fig. 4). Para a atividade proteolítica o aumento foi até aos quatorze dias após a poda (Fig. 5).

Tanaka & Uritani (1977) observaram que a atividade fenilalanina amônia liase foi ativada

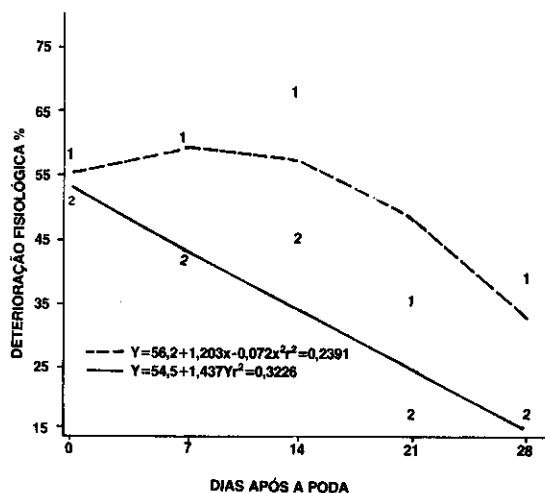


FIG. 1. Relação entre o grau de deterioração fisiológica e a época em que a poda foi realizada. ---- (com poda), — (sem poda).

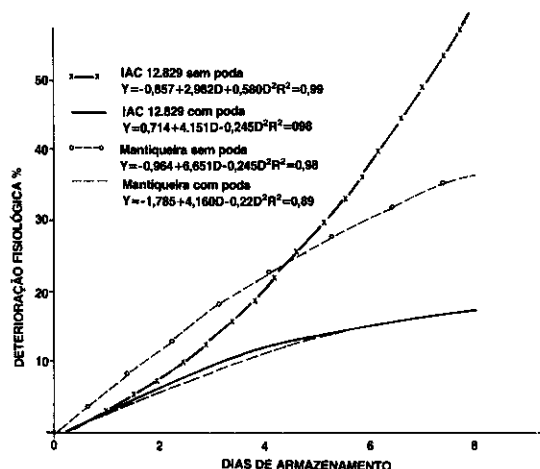


FIG. 2. Relação entre grau de deterioração fisiológica e dias de armazenamento em raízes de duas cultivares de mandioca podadas.

em tecidos danificados de batata, e após atingir a máxima atividade, decresceu. É sabido que qualquer tipo de lesão, mecânica ou patológica, aumenta a síntese de fenólicos como mecanismo de defesa à lesão. A poda funcionou, no presente trabalho, como lesão à planta, ativando a fenilalanina amônia liase com conseqüente síntese de fenólicos.

Rhodes & Wooltorton (1971) relatam que em tecidos ricos em fenólicos o aumento da

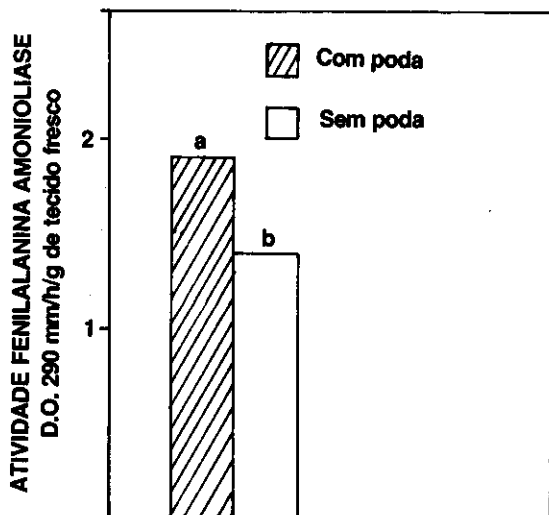


FIG. 3. Influência da poda na atividade específica da fenilalanina amônia liase das raízes de duas cultivares de mandioca.

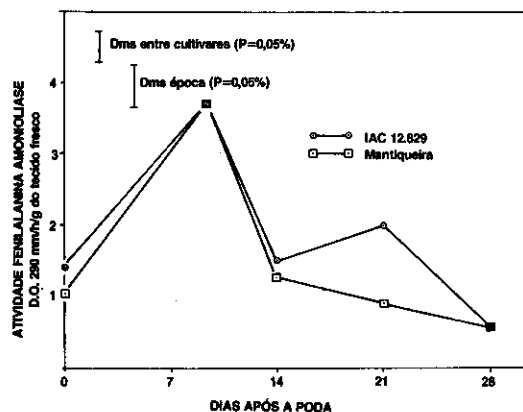


FIG. 4. Atividade da fenilalanina amônia liase em função do dia após a poda em duas cultivares de mandioca.

atividade da fenilalanina amônia liase poderia ocorrer através do aumento da taxa de oxidação dos componentes fenólicos preexistentes. Relatam também que estes aumentos poderiam ser resultantes de uma nova síntese ou ativação da proteína enzimática, ou da destruição de um inibidor ou síntese de um ativador de proteína preexistente.

Aumentos iniciais na atividade de polifenoloxidase foram observados, sendo que os valores encontrados aos sete dias chegaram a representar o dobro da atividade inicial (zero dia). Estas observações independem do tratamento poda e da cultivar. Raízes de plantas podadas apresentaram menor atividade polifenoloxidase que raízes de plantas não podadas (Fig. 6). A cultivar também influenciou na atividade enzimática. Verificou-se que a cultivar Mantiqueira apresentou menores atividades, porém os valores observados foram sempre maiores que os teores iniciais (zero dia) (Fig. 6).

Os resultados obtidos por diversos autores sobre a influência da polifenoloxidase sobre o desenvolvimento da deterioração fisiológica têm sido bastante controversos.

Padmaja et al. (1982) demonstraram que a atividade polifenoloxidase aumentou com o

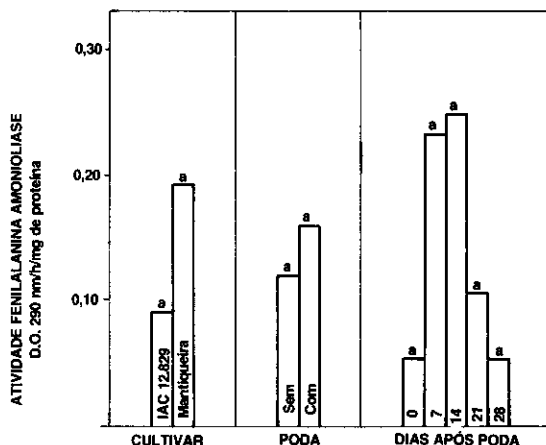


FIG. 5. Influência da cultivar, da poda e do dia após a poda na atividade proteolítica da fenilalanina amônia liase em raízes de mandioca.

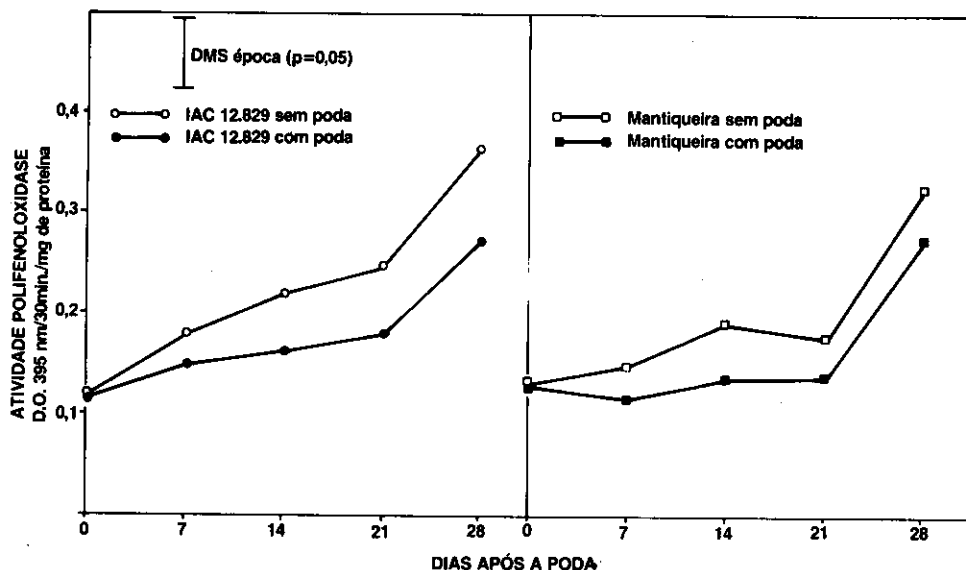


FIG. 6. Influência da poda e da cultivar na atividade proteolítica da polifenoloxidase das raízes de mandioca.

desenvolvimento da deterioração fisiológica e que os polifenóis podem se oxidar a quinonas e estas podem formar complexo colorido com aminoácidos e proteínas, e assim, ocasionar a deterioração.

Wang et al. (1983) concluiu não haver nenhuma correlação entre a atividade polifenoloxidase e o escurecimento enzimático, e por conseguinte, a deterioração fisiológica.

A atividade peroxidase aumentou em todas as raízes das cultivares aos sete dias após a poda, posteriormente, ocorreu decréscimo e estabilização até os 28 dias (Fig. 7).

O efeito observado foi decorrente da permanência das raízes no solo e não da poda efetuada, pois raízes de plantas podadas e não podadas apresentam o mesmo comportamento (Fig. 7). As cultivares também não influíram na atividade peroxidase (Fig. 7).

Carvalho et al. (1985), Rickard (1985) e Uritani et al. (1984) atribuem a deterioração fisiológica à atividade peroxidase (Fig. 8). Data et al. (1984) e Padmaja et al. (1982) atribuem à atividade polifenoloxidase. Rickard & Gahan (1983) atribuem à ação conjunta destas

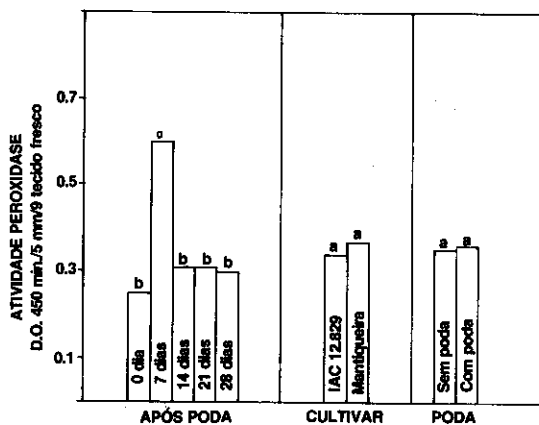


FIG. 7. Influência da poda no dia em que foi realizada e da cultivar na atividade específica da peroxidase.

duas enzimas. No presente trabalho observou-se ter havido ação das duas enzimas.

Tanaka et al. (1984) relatam que a atividade da fenilalanina amônia liase e peroxidase foram desenvolvidas em todas as raízes de plantas podadas e não podadas, porém foram mais baixas nas primeiras.

Raízes de plantas podadas apresentaram menores teores de fenólicos totais e de suas três frações (oligoméricos, diméricos e poliméricos), que raízes de plantas não podadas (Fig. 9, 10, 11 e 12).

A permanência das raízes no solo até aos quatorze dias, aumentou os teores de fenólicos totais e suas frações oligoméricas e poliméricas (Fig. 9, 11 e 12). Isto pode decorrer do

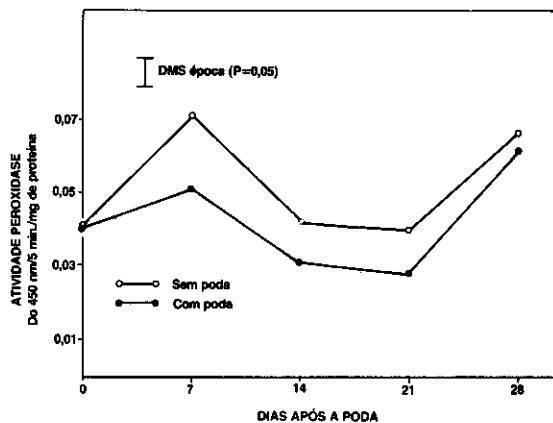


FIG. 8. Influência da poda na atividade proteolítica da peroxidase.

elevado grau de deterioração fisiológica que as raízes apresentam até aos quatorze dias de permanência no solo. Balagopalan & Padmaja (1984) também observaram que os fenólicos totais aumentaram com a ocorrência fisiológica.

Os fenólicos diméricos apresentaram reduções significativas com a permanência das raízes no solo até aos 21 dias (Fig. 10).

Correlação significativa foi detectada apenas entre deterioração fisiológica - DF e os teores de fenólicos diméricos, indicando haver síntese desta fração. Carvalho et al. (1985) verificaram que acréscimos nas frações fenólicas extraíveis em metanol indicaram condensações e síntese destes compostos com o aumento da deterioração fisiológica.

Os maiores teores de fenólicos nos tratamentos sem poda, juntamente com maior atividade polifenoloxidase nas duas cultivares e peroxidase para a Mantiqueira, contribuíram para a maior deterioração fisiológica das raízes deste tratamento.

Os decréscimos no grau de deterioração, tanto decorrentes da poda quanto da perma-

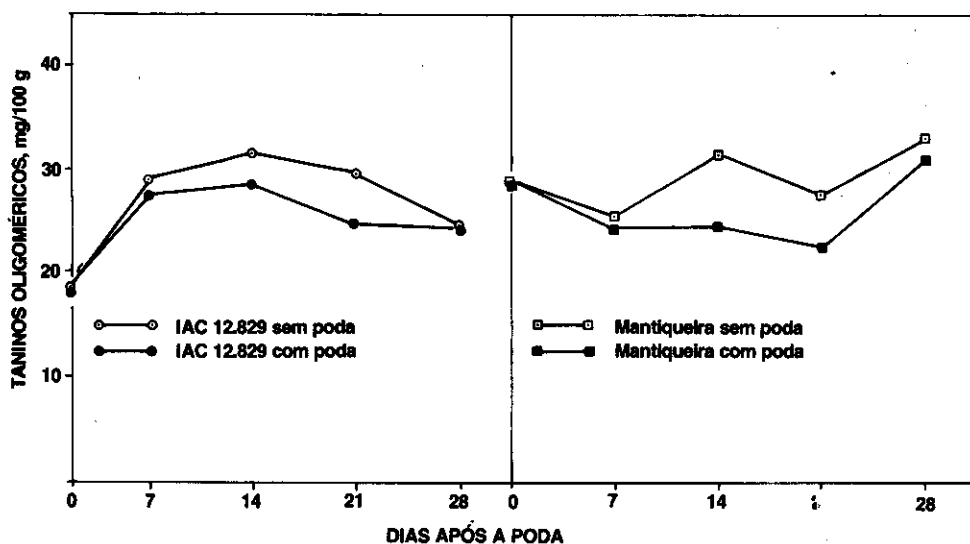


FIG. 9. Influência da poda e da cultivar nos teores de fenólicos oligoméricos de raízes de mandioca.

nência das raízes no solo, podem ser atribuídos às diminuições nas atividades peroxidase do sétimo até o vigésimo oitavo dia (Fig. 7) e nos teores de fenólicos totais (Fig. 12).

Entre cultivares, houve diferenças no comportamento dos fenólicos, indicando que os dados de uma cultivar não podem ser extrapolados à outras.

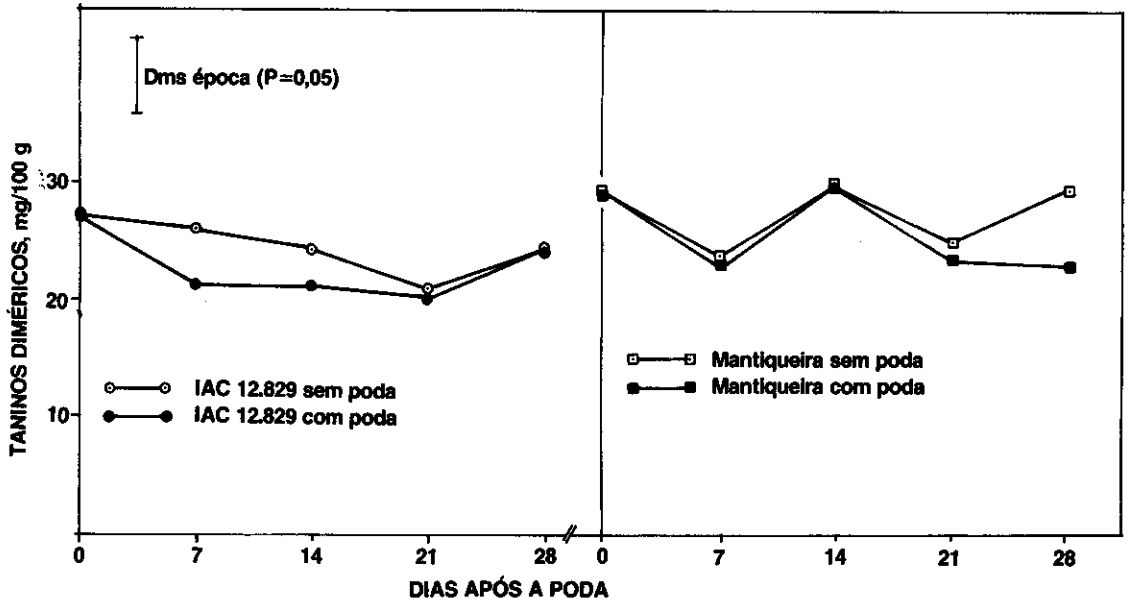


FIG. 10. Influência da poda e da cultivar nos teores de fenólicos diméricos das raízes de mandioca.

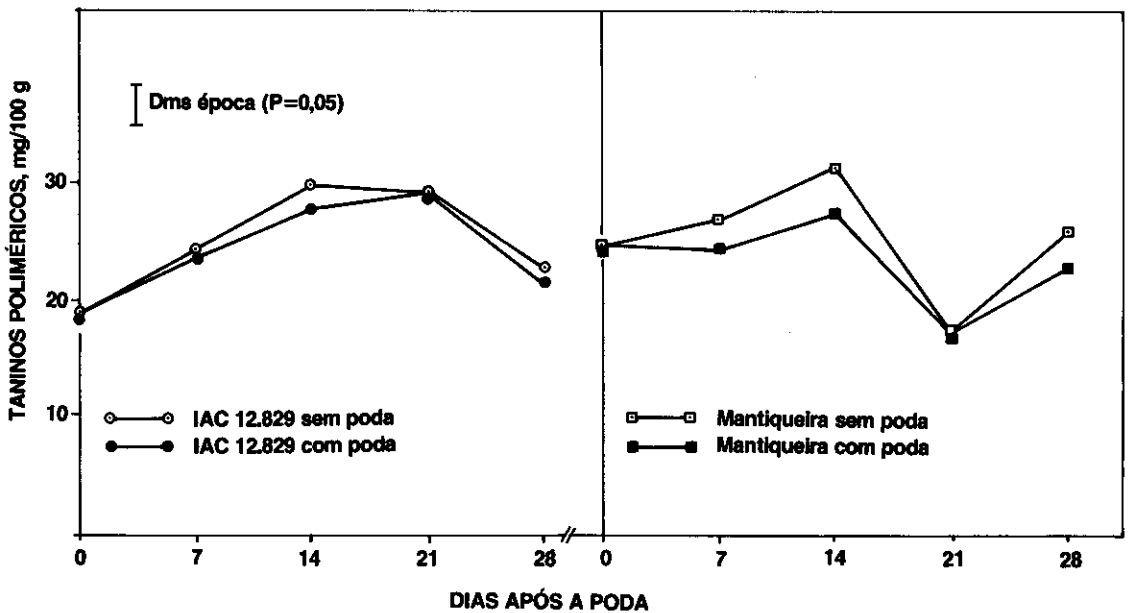


FIG. 11. Influência da poda e da cultivar nos teores de fenólicos poliméricos em raízes de mandioca.

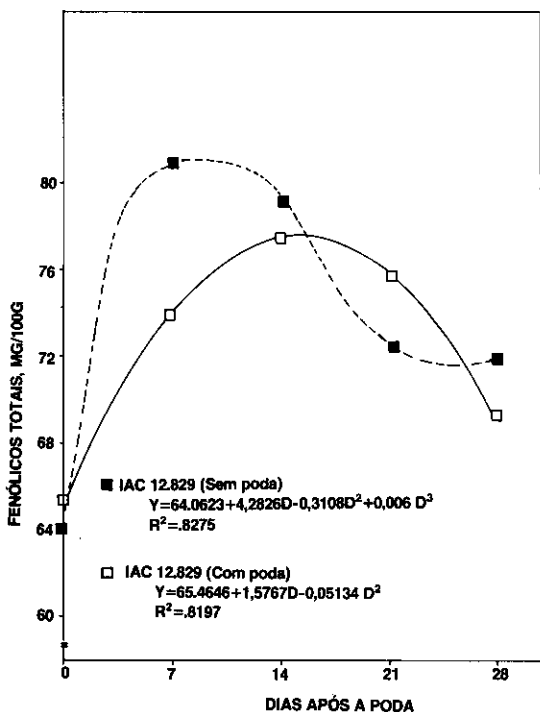


FIG. 12. Influência da poda e da cultivar nos teores de fenólicos totais em raízes de mandioca.

CONCLUSÕES

1. A poda reduziu o grau de deterioração fisiológica das raízes, e quando efetuada aos 21 e 28 dias antes da colheita, sua ação foi mais eficiente.

2. Independentemente da poda, a permanência de raízes no solo reduziu o grau de deterioração fisiológica das raízes.

3. Raízes de plantas podadas apresentavam maiores atividades de fenilalanina amônia liase, menores atividades de polifenoloxidase e peroxidase e menores teores de fenólicos totais e suas funções di, aligo e poliméricas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods. **Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 11. ed. Washington, 1970.

BALAGOPALAN, O.; PADMAJA, G. Storage of tuber crops. **Indian Fanning**, New Delhi, v.33, n.12, p.51-53, 71, Mar. 1984.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M.; CLEMENTE, E.; LEITE, I.P. Relação entre compostos fenólicos, atividades de peroxidase, polifenoloxidase e deterioração fisiológica em raízes de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.4, n.2, p.89-96, dez. 1985.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M.; HUEI-WANG, S. Armazenamento pós-colheita de mandioca. I. Influência da composição química de raízes de mandioca sobre a resistência à deterioração pós-colheita (fisiológica e microbiológica). **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.1, n.1, p.15-23, 1982.

DATA, E.S.; QUEVEDO, M.A.; GLORIA, L.A. Pruning techniques affecting the root quality of cassava at harvest and subsequent storage. In: URITANI, J.; REYES, E.D. (eds.) **Tropical root crops: Post-harvest physiology and processing**. Toquio: Japan Scientific Press, 1984. p.127-143.

MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting off with black rot. **Plant and Cell Physiology**, Toquio, v.13, p.1091-1101, 1972.

MONTALDO, A. Vascular streaking of cassava root tubers. **Tropical Science**, London, v.15, n.1, p.39-46, 1973.

PADMAJA, G.; BALAGOPA, L.C.; POTTY, V.P. Polifenoles y el deterioro fisiológico en yuca. **Yuca Boletín Informativo**. Cali, n.10, p.5, mar. 1982.

RHODES, M.J.C.; WOOLTORTON, L.S.C. The effect of ethylene on the respiration and on the activity of phenylalanine ammonia lyase in swede and parsnip root tissue. **Phytochemistry**. v.10, p.1989-1997, 1971.

RICKARD, J.E. Physiological deterioration of cassava roots. **Journal of Science of Food Agriculture**, London, v.36, n.3, p.167-176. Mar. 1985.

RICKARD, J.E.; COURSEY, D.G. Cassava storage: I. Storage of fresh cassava roots. **Tropical Science**, London, v.23, n.1, p.1-32, 1981.

- RICKARD, J.E.; GAHAN, P.B. The development of occlusions in cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) root xylem vessels. **Annals of Botany**, Colchester, v.52, n.6, p.811-812, Dec. 1983.
- SANTIAGO, A.D. **Efeito da poda na produtividade, conservação e qualidade de raízes de mandioca** (*Manihot esculenta*, Crantz), Lavras: ESAL, 1985. 100p. Tese Mestrado.
- SWAIN, T.; HILLIS, W.G. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of Science of Food and Agricultural**, London, v.10, p.63-68, jan. 1959.
- TANAKA, Y.; DATA, E.S.; LAPE, V.E.; VILLEGAS, C.D.; GORDONIO, M.; HIROSE, S.; URITANI, I. Effect of pruning treatment on physiological deterioration in cassava roots. **Agricultural Biological Chemistry**, v.48, n.3, p.379-343, 1984.
- TANAKA, Y.; URITANI, I. Purification and properties of phenylalanine Ammonia-Lyase in cut, injured sweet potato. **Journal of Biochemistry**, v.81, n.4, p.963-970, 1977.
- URITANI, I.; VILLEGAS, R.J.; FLORES, P. Changes in secondary metabolism in cassava roots in relation to physiological deterioration. In: URITANI, I.; REYES, E.D. (eds.). **Tropical root crops: post-harvest physiology and processing**. Tokyo: Scientific Societies Press, 1984. p.108-18.
- WANG, S.; CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M. Armazenamento pós-colheita de mandioca: V. Influência de polifenoloxidase na deterioração fisiológica. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.2, n.1, p.17-20, 1983.
- WHEATLEY, C.; GOMÉZ, G.; LOZANO, J.C. Susceptibilidad de los génotipos de yuca a la deterioración fisiológica. **Yuca Boletín Informativo**, Cali, v.8, n.15, ene./abr. 1980.
- WHEATLEY, C.; LOZANO, C.; GOMÉZ, G. Deterioración post cosecha y almacenamiento de raíces de yuca. In: DOMINGUEZ (comp.). **Yucas; investigación, producción y utilización**. Cali: CIAT, 1982. p.493-512.
- WHEATLEY, C.; LOZANO, J.C.; MARRIOTT, J.; SCHWABE, W.W. Pre-harvest environmental effects of cassava root susceptibility to post-harvest physiological deterioration. In: SYMPOSIUM OF INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOT CROPS, 4. 1976, Cali. **Proceedings...** Ottawa: IDRC, 1977. p.419-425.