

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO SOBRE ALGUNS ASPECTOS MORFOLÓGICOS, PERÍODO DE DORMÊNCIA E PERDA DE PESO DE TUBÉRCULOS DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.) ^{1/}

Marcio Henrique Furtado ^{2/}
Nei Fernandes Lopes ^{3/}
Marco Antonio Oliva ^{3/}
Aquiria Mizubuti ^{4/}

1. INTRODUÇÃO

O cultivo da batata, na maioria dos Estados brasileiros, vem-se desenvolvendo com o emprego de batata-semente de cultivares importados. A semente básica importada constitui um dos grandes problemas dessa cultura. Economicamente, por elevar em 50% ou mais o custo da produção e, às vezes, pela falta de melhor adaptação climática e edáfica e/ou por problemas fitopatológicos (18). Muitos esforços têm sido feitos para produzir cultivares adaptados às condições brasileiras (5, 18). Entre outras, as condições ótimas de armazenamento de tubérculos-sementes de cultivares nacionais não estão bem definidas.

^{1/} Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como um dos requisitos para obtenção do grau de «Magister Scientiae» em Fisiologia Vegetal. Os autores agradecem, sensibilizados, ao CNPq o suporte financeiro.

Recebido para publicação em 26-9-1983.

^{2/} Bolsista do CNPq.

^{3/} Departamento de Biologia Vegetal da UFV. 36570 Viçosa, MG.

^{4/} Departamento de Fitotecnia da UFV. 36570 Viçosa, MG.

A frigorificação é considerada tipo ideal de armazenamento da batata (13, 15), embora deva ser feita de acordo com a finalidade a que se destina o tubérculo, ou seja, semente ou consumo (5, 13). Das condições e duração do armazenamento dependerá a idade fisiológica do tubérculo-semente, porque, ao contrário de uma semente verdadeira, um tubérculo nunca está completamente em repouso (17).

Durante o período de armazenamento, diversas alterações físicas e químicas podem processar-se no tubérculo. Dentre essas modificações, as que mais exercem influência sobre o potencial de brotação são a perda de reservas e de água, com efeitos no estado de turgescência, e a relação amido/açúcar, processo diretamente ligado à temperatura de armazenamento (4, 6, 8). A temperatura exerce também grande influência no início da brotação visível (12) e na capacidade de brotação (4, 12).

Visou este trabalho avaliar a influência da temperatura de armazenamento sobre alguns aspectos morfológicos, período de brotação e perda de peso de tubérculos de batata.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Tubérculos-semente de *Solanum tuberosum* L., cultivares 'Mantiqueira' e 'Bintje', certificados e dormentes, colhidos em 6 de setembro de 1981, foram pré-condicionados à temperatura ambiente, durante 10 dias. Posteriormente, foram selecionados e embalados em sacos de rede plástica, com, aproximadamente, dois kg. Essas embalagens foram armazenadas em câmaras escuras, nas temperaturas de 5°, 10° e 20° ± 1°C, com umidade relativa de 70 ± 2%, e na temperatura e umidade relativa ambiente, que variaram de 18° a 27°C e de 65 a 76%, durante o período de armazenamento, de 16 de setembro de 1981 a 17 de março de 1982. As câmaras eram abertas diariamente, no início e no fim do dia, visando à renovação do ar no seu interior, a fim de evitar o acúmulo de etileno e CO₂.

Para cada tratamento, a intervalos regulares de 14 dias, após o início do armazenamento, foram selecionados, por amostragem, e determinados o peso da matéria fresca e seca, a percentagem de brotação e o comprimento dos brotos.

O peso da matéria fresca e seca foi determinado gravimetricamente. A matéria seca foi obtida em amostras de aproximadamente 200 g, secas em estufa de ventilação forçada a 75°C. A perda de matéria fresca (ΔF) no tempo n foi calculada pela fórmula $\Delta F = F_0 - F_n$, sendo F_0 o peso da matéria fresca no tempo zero e F_n o peso da matéria fresca no tempo n . O conteúdo de água nos diversos tempos de determinação foi calculado com base no teor relativo de água (Φ), assim: $\Phi_0 = (F_0 - W_0)/F_0$ e $\Phi_n = (F_n - W_n)/F_{n-1}$, sendo W_0 e W_n a matéria seca no tempo zero e n e F_{n-1} o peso da matéria fresca no tempo $n-1$. Da diferença entre os teores relativos de água no tempo zero (Φ_0) e no tempo n (Φ_n) obteve-se a perda de água (ΔH) dos tubérculos até o tempo n ($\Delta H = \Phi_0 - \Phi_n$). A perda de matéria seca (ΔW) foi obtida pela diferença entre a perda de matéria fresca (ΔF) e a perda de água (ΔH): $\Delta W = \Delta F - \Delta H$.

Foi calculada a percentagem de brotação dos tubérculos brotados de todas as embalagens. Considerou-se brotado o tubérculo que apresentou broto mínimo de 1 mm. Para determinar o comprimento dos brotos, tomou-se a média do comprimento dos brotos de seis tubérculos de cada embalagem.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os valores médios foram submetidos à regressão curvilínea, em relação ao tempo, com o emprego de polinômios ortogonais. Procurou-se chegar ao polinômio que melhor se ajustasse aos dados, sem que ocorressem discrepâncias entre o ajustamento e o processo fisiológico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O início da brotação dos tubérculos armazenados à temperatura ambiente e a 20°C foi praticamente igual, tendo sido observadas diferenças apenas entre os cultivares (Figura 1). Isso ocorreu depois de 20 e 30 dias de armazenamento, para 'Mantiqueira' e 'Bintje', respectivamente. Cerca de 60% dos tubérculos de 'Mantiqueira' e apenas 20% dos de 'Bintje' começaram a brotar nesse período e nessas temperaturas (Figura 1). Nessas temperaturas, os tubérculos dos dois cultivares começaram a apresentar mudanças na textura em torno de 30 e 40 dias, mostrando-se totalmente brotados após 70 dias de armazenamento. Já os tubérculos, dos

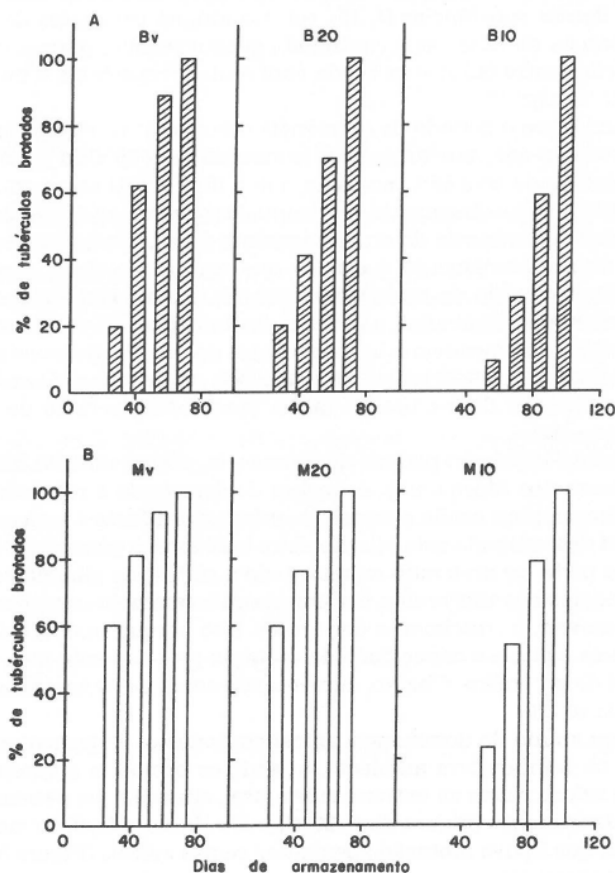


FIGURA 1 - Percentagem de brotação de tubérculos armazenados a diferentes temperaturas, sendo B = Bintje; M = Mantiqueira; v = temperatura ambiente e 10 e 20 = temperaturas de armazenamento.

dois cultivares, armazenados a 10°C iniciaram a brotação por volta dos 50 dias e começaram a apresentar mudanças na textura em torno de 70 dias, mostrando-se totalmente brotados depois de 100 dias de armazenamento (Figura 1), ao passo que a brotação dos tubérculos armazenados a 5°C foi praticamente nula durante todo o período experimental. Entretanto, houve mudanças na textura dos tubérculos dos dois cultivares após 112 e 126 dias de armazenamento, para 'Mantiqueira' e 'Bintje', respectivamente. Mudanças na coloração da epiderme ocorreram a partir de 40 dias de armazenamento a 5°C e os tubérculos do cultivar 'Mantiqueira' apresentaram-se sempre mais escuros que os do 'Bintje' durante todo o período experimental. Possivelmente, a coloração mais escura do cultivar nativo resultou dos maiores teores de açúcares solúveis deste, em relação ao 'Bintje' (16), causados pela baixa temperatura (6, 7). Entretanto, não se pode descartar a possibilidade da interferência de polifenóis, pois a película externa dos tubérculos dormentes é rica dessas substâncias (1, 17). No entanto, há indicações de que a mudança na coloração da casca seja controlada geneticamente, porquanto ocorrem grandes variações entre cultivares, sendo conhecida a resistência a mudanças de cor do cultivar 'Bintje' (7).

Considerando que o período de dormência desses cultivares está em torno de 50 dias, observou-se que, nos tubérculos armazenados a 20°C, o período de dormência foi reduzido de 40 a 50%, ao passo que a 10° e a 5°C esse período prolongou-se 20% e 170%, respectivamente. Os resultados sugerem que a temperatura foi importante fator do ambiente de armazenamento para o tempo de dormência. A temperatura de armazenamento é o fator que regula o período compreendido entre a colheita e o início da brotação visível (12), e, em geral, altas temperaturas de armazenamento diminuem o período de dormência (7). O fato de os tubérculos do 'Mantiqueira' iniciarem a brotação antes dos do 'Bintje' pode estar ligado ao estado fisiológico dos tubérculos, que depende do genótipo de cada cultivar. Geralmente, cultivares de maturação tardia apresentam período de dormência mais prolongado (11).

A temperatura influenciou no período de dormência, provavelmente influenciando o comportamento dos fitormônios. A quebra de dormência é regulada principalmente pelos fitormônios, sendo a transição entre a dormência e a plena capacidade de brotação determinada pela relação entre inibidores e giberelinas (10). Assim, a temperatura pode ter acelerado ou retardado a síntese de giberelina e a degradação de inibidores nos tubérculos, acelerando ou retardando os processos fisiológicos que promovem o crescimento dos brotos. Isso porque, após a colheita, o nível de inibidores é alto e a capacidade de brotação praticamente nula (3), ao passo que o nível de giberelina é baixo, aumentando cerca de 30 vezes durante o período de brotação (20).

Houve predomínio da dominância apical em todos os tratamentos, a qual foi mais intensa na temperatura ambiente, quando os brotos se apresentaram curtos, grossos e aglomerados na extremidade apical, situação que permaneceu até o término do experimento (Figura 2). A 20°C, o fim da dormência também não foi evidente, visto que houve brotação apenas nas gemas apicais (Figura 3). Nesse caso, os brotos apresentaram-se mais longos e estiolados, chegando a atingir o comprimento médio de 30 cm, no cultivar 'Mantiqueira', e 60 cm, no 'Bintje' (Figura 6). Também os tubérculos armazenados a 10°C apresentaram um único broto na extremidade apical (Figura 4), atingindo o comprimento médio de 6 cm, no 'Mantiqueira', e 9 cm, no 'Bintje', ao final do experimento (Figura 6).

O fato de a dominância apical ter permanecido durante todo o período de armazenamento deve-se, provavelmente, à não-remoção de alguns brotos no período em que iniciaram o crescimento (11). A dominância apical está associada à produ-

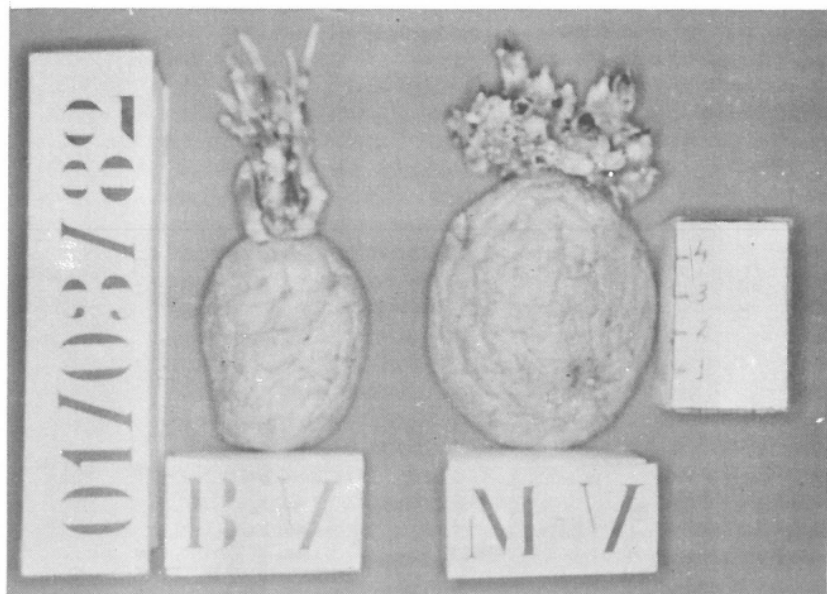


FIGURA 2 - Tubérculos armazenados à temperatura ambiente (v), durante 140 dias, sendo B = Bintje e M = Mantiqueira.

ção contínua de um inibidor correlativo na região das gemas apicais sob o controle da auxina, inibidor que não teve efeito considerável nas gemas apicais (14), porque o crescimento do broto apical foi contínuo até o final do experimento. Entretanto, quando os brotos apicais são removidos ou seu crescimento é prevenido por armazenamento a baixa temperatura, o inibidor correlativo torna-se inativo e todos os brotos retomam o crescimento, caracterizando, assim, o fim da dormência (14).

Nas diferentes temperaturas de armazenamento, tubérculos de ambos os cultivares, aos 140 dias, apresentaram a mesma idade cronológica, porém idade fisiológica diferente. Todavia, os tubérculos armazenados à temperatura ambiente e a 20°C (Figuras 2 e 3) mostraram-se fisiologicamente velhos, ao passo que a 10° e 5°C (Figuras 4 e 5) estavam fisiologicamente novos.

Os brotos dos tubérculos armazenados a 20° e a 10°C apresentaram-se estiolados, possivelmente em razão da falta de luz durante o armazenamento. Entretanto, os tubérculos armazenados à temperatura ambiente, que foram também conservados no escuro, não apresentaram brotos estiolados. Isso sugere que o efeito da luz nos tubérculos expostos por ocasião das pesagens, embora de curta duração (± 30 s), provavelmente não persiste quando os tubérculos estão sob temperatura constante.

Ao final do período experimental, os tubérculos armazenados à temperatura ambiente e a 20°C foram considerados senescentes. Embora os brotos não se apresentassem filamentosos nos tubérculos armazenados à temperatura ambiente, mostraram-se visivelmente velhos e murchos (Figura 2), chegando a perder cerca de 23% e 25% do peso inicial, nos cultivares 'Bintje' e 'Mantiqueira', respectivamente (Figura 7). A 20°C, os brotos dos dois cultivares apresentaram-se filamen-

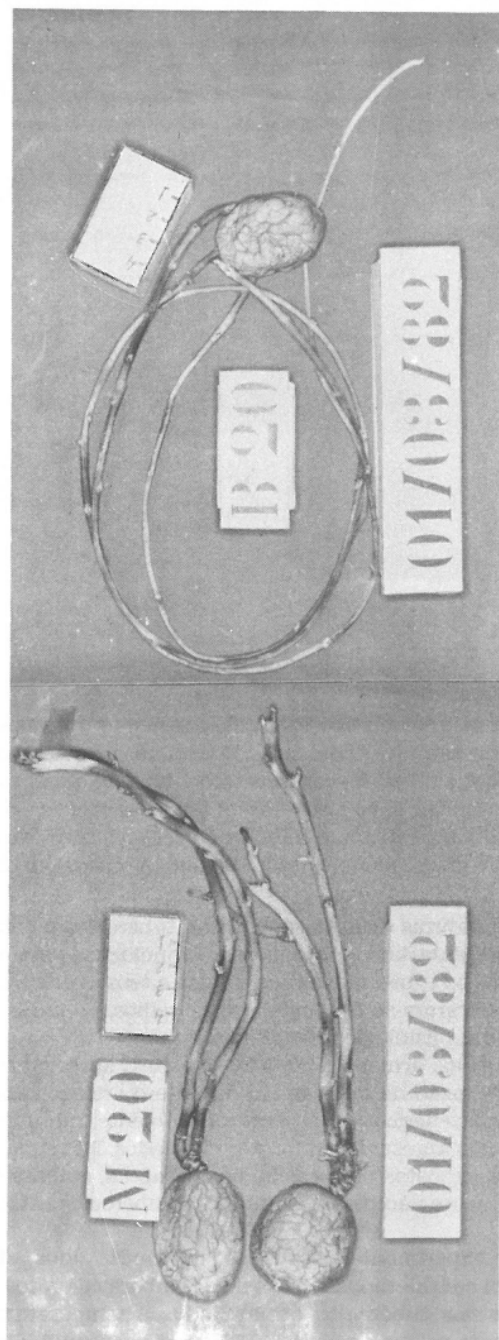


FIGURA 3 - Tubérculos armazenados a 20°C, durante 140 dias, sen-
do B = Bintje e M = Mantiqueira.

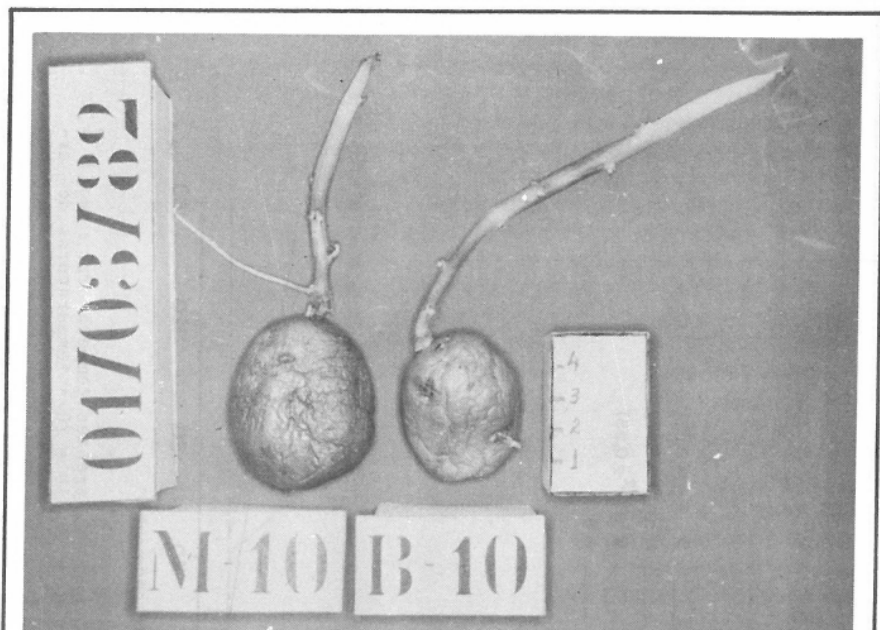


FIGURA 4 - Tubérculos armazenados a 10°C, durante 140 dias, sendo B = Bintje e M = Mantiqueira.

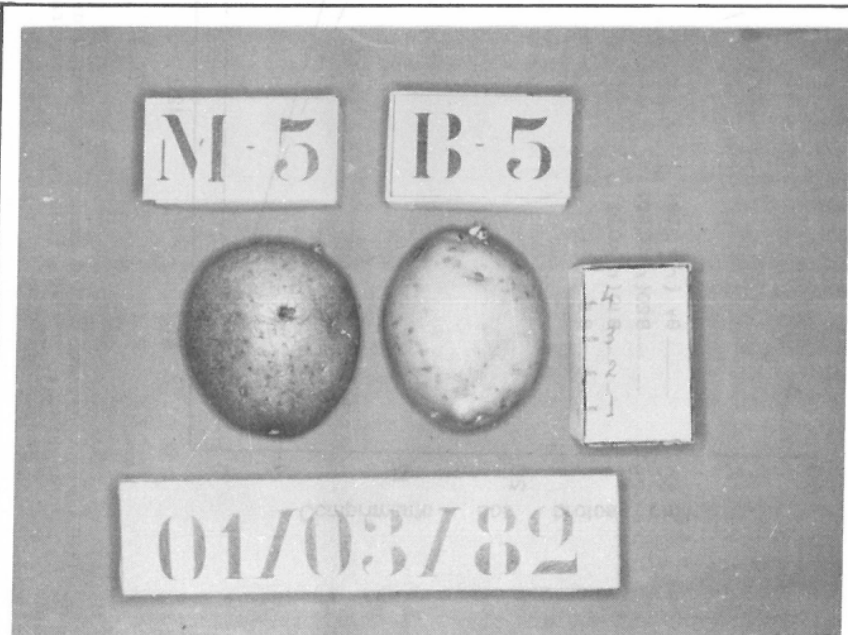


FIGURA 5 - Tubérculos armazenados a 5°C, durante 140 dias, sendo B = Bintje e M = Mantiqueira.

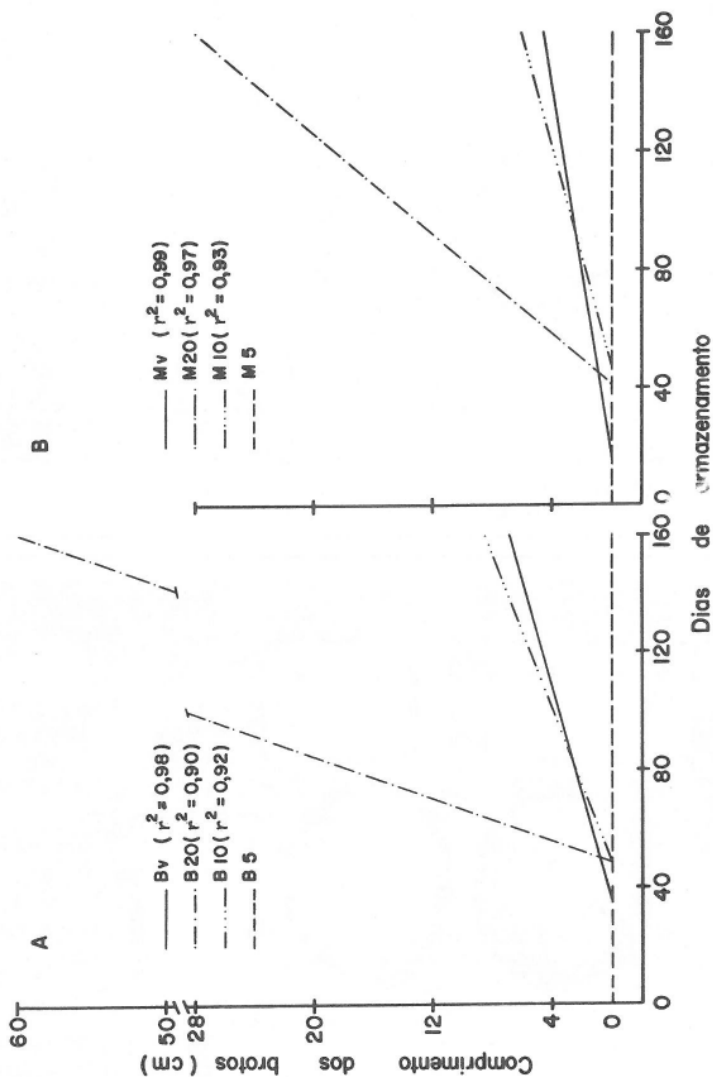
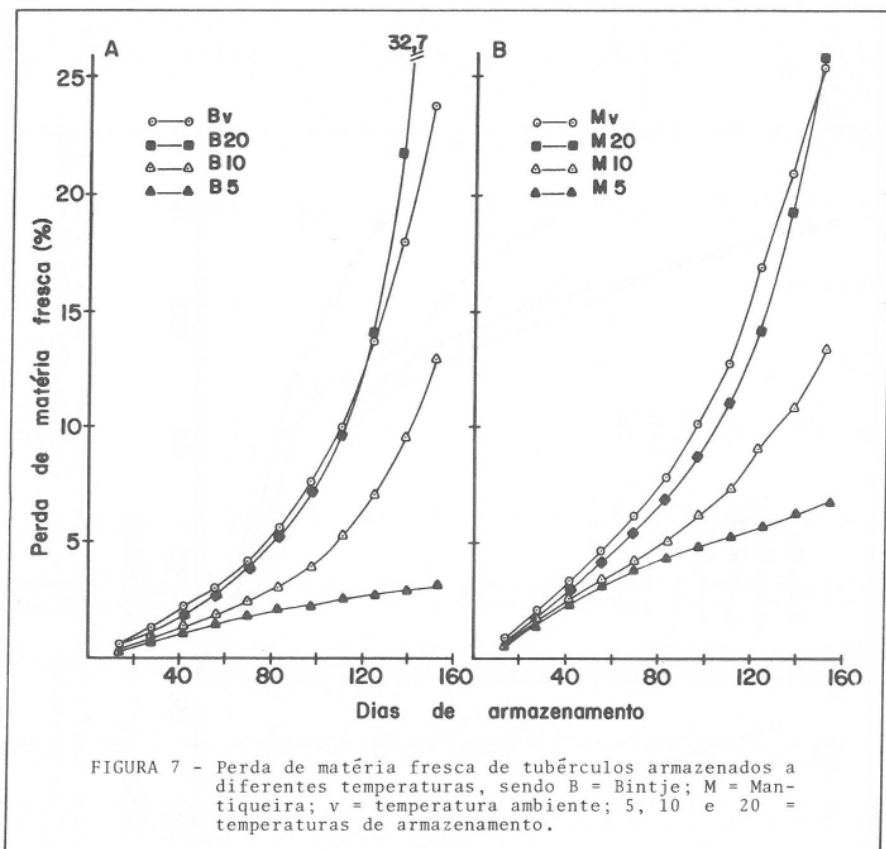


FIGURA 6 - Comprimento dos brotos de tubérculos armazenados a diferentes temperaturas sendo B = Bintje; M = Manteiguera; v = temperatura ambiente; 5, 10 e 20 = temperaturas de armazenamento.



tosos e visivelmente murchos, chegando a perder 25% e 32% da matéria fresca inicial, nos cultivares 'Mantiqueira' e 'Bintje', respectivamente (Figura 7). Embora os tubérculos do cultivar 'Bintje' mostrassem maior perda percentual de peso ao final do experimento, os do 'Mantiqueira' apresentaram percentual maior até 125 dias de armazenamento (Figura 9). Possivelmente, essa intensificação da perda de peso dos tubérculos do cultivar 'Bintje' resultou do fato de seus brotos serem maiores (Figura 8). Durante o último mês de armazenamento, os tubérculos do 'Bintje' perderam de 15 a 30% do peso inicial, ou seja, a perda de peso no último mês foi correspondente à dos quatro primeiros meses de armazenamento.

Na Figura 8, nota-se que, a 20°C, os tubérculos do 'Bintje' apresentaram maior perda de água que os do 'Mantiqueira'. Isso corrobora a idéia de que há relação entre o comprimento dos brotos e a redução da matéria fresca dos tubérculos, sobretudo por causa da perda d'água. A 10°C, a perda de peso dos tubérculos, ao final do período experimental, foi de cerca de 13%, em relação à matéria fresca inicial, nos dois cultivares. Entretanto, durante o experimento, os tubérculos do cultivar 'Mantiqueira' tiveram perdas de peso maiores que as do 'Bintje' (Figura 7), porém essa tendência foi revertida no final do experimento. Isso pode ser atribuído ao fato de os brotos dos tubérculos do 'Bintje' serem, em média, maiores que os do 'Mantiqueira'. Dessa forma, se o período experimental fosse maior, provavelmente os tubérculos do 'Bintje' apresentariam perda de peso superior à dos do

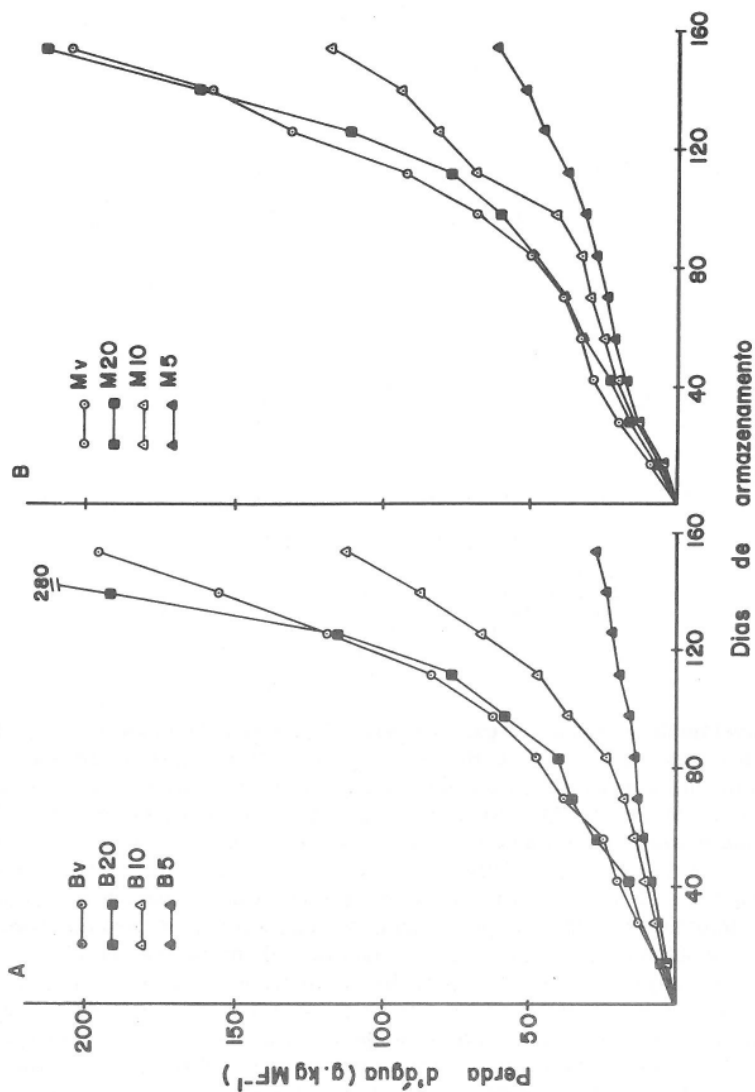


FIGURA 8 - Perda de água de tubérculos armazenados a diferentes temperaturas, sendo B = Bintje; M = Mantigueira; v = temperatura ambiente; 5, 10 e 20 = temperaturas de armazenamento.

'Mantiqueira'. A brotação aumenta a perda de peso, visto que os brotos são mais permeáveis ao fluxo de vapor d'água que as porções não-brotadas e, além disso, a superfície transpiratória total também aumenta (8, 9).

A perda de matéria fresca, a 5°C, foi de cerca de 3% e 7% ao final do experimento, em relação à inicial, nos cultivares 'Bintje' e 'Mantiqueira', respectivamente. Na época da colheita, a camada peridérmica do tubérculo está parcialmente formada, completando-se durante o armazenamento, dependendo das condições do ambiente (2, 19). Portanto, essa maior perda de peso dos tubérculos do 'Mantiqueira' pode estar ligada à formação mais lenta da camada peridérmica nessa temperatura e, conseqüentemente, à maior taxa transpiratória (Figura 8). Os tubérculos do cultivar 'Mantiqueira' apresentaram perda d'água duas vezes maior que a do 'Bintje', a 5°C.

Na Figura 7, observa-se que, nos dois primeiros meses de armazenamento, os valores de perda de peso dos tubérculos submetidos a 5°C aproximaram-se dos obtidos a 10°C. Provavelmente, isso resultou do retardamento dos processos de suberização e formação da periderme nos tubérculos submetidos a temperatura mais baixa, prolongando, assim, o período de rápida transpiração. Diante disso, aconselha-se um armazenamento prévio, de 10 a 15 dias, com temperatura do ar de $\pm 15^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar alta (entre 90 e 95%), antes do armazenamento a frio, para que ocorram a cicatrização e o encorticação da casca, evitando, desse modo, a transpiração e garantindo a sanidade do tubérculo-semente para o plantio (2).

4. RESUMO

Tubérculos-semente de *Solanum tuberosum* L., cultivares 'Mantiqueira' e 'Bintje', foram armazenados em câmaras escuras, a 5°, 10° e 20° $\pm 1^{\circ}\text{C}$ e à temperatura ambiente, que variou de 18° a 27°C, durante 154 dias. A determinação do peso fresco e seco, da percentagem de brotação e do comprimento dos brotos foi feita a intervalos regulares de catorze dias após o armazenamento.

A temperatura teve efeito preponderante sobre o período de dormência. Altas temperaturas encurtaram esse período até 50%, ao passo que baixas temperaturas prolongaram-no até 170%. Os tubérculos do cultivar 'Mantiqueira' foram mais precoces na brotação que os do 'Bintje'. Houve predomínio da dominância apical em todos os tratamentos, durante todo o período de armazenamento.

Nos tubérculos armazenados a 5°C ocorreram mudanças na coloração da epiderme, e os do 'Mantiqueira' apresentaram-se sempre mais escuros que os do 'Bintje'.

À temperatura ambiente e a 20°C, os tubérculos dos dois cultivares apresentaram-se senescentes ao final do período experimental. 20°C foi a temperatura em que ocorreu maior perda de peso dos tubérculos, e os do 'Bintje' apresentaram maior perda de matéria fresca e maior comprimento de brotos que os do 'Mantiqueira'. A 5°C, os tubérculos do cultivar 'Mantiqueira' apresentaram maior perda de matéria fresca total e de água que os do cultivar 'Bintje'.

5. SUMMARY

(THE INFLUENCE OF STORAGE TEMPERATURE ON SOME MORPHOLOGICAL ASPECTS, PERIOD OF DORMANCY AND WEIGHT LOSS OF TUBERS OF POTATO (*Solanum tuberosum* L.)

Seed-tubers of *Solanum tuberosum* L., cultivars Mantiqueira and Bintje, were

stored for 154 days in dark chambers at 5°, 10° and 20° ($\pm 1^\circ\text{C}$) and at room temperature (18° to 27°C). Determinations of the fresh and dry weights, sprouting percentage and sprout length were made at 14-day intervals after tuber storage.

The dormancy period was a function of storage temperature. High temperatures reduced the dormant period by 50% while low temperatures increased this about 170%. Mantiqueira tubers had their dormant period broken earlier than those of the Bintje. Vigorous and complete apical dominance, for all treatments in both cultivars, was detected during the storage.

Change in skin color of the tubers was observed when kept at 5°C. Mantiqueira tubers always presented a darker color than those of Bintje.

Tubers of both cultivars kept at room temperature and at 20°C showed senescence at the end of the experiment. The maximum tuber weight loss occurred at 20°C, with the cultivar Bintje presenting a greater loss of weight, and longer sprout, than Mantiqueira. However, at 5°C, tubers of Mantiqueira exhibited greater loss of total fresh weight and water than did Bintje.

6. LITERATURA CITADA

1. AMBERGER, A. & SCHALLER, K. Useful compounds in different potato varieties with regard to manufacturing quality. I. Topographic distribution of phenolic compounds in the tubers. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.* 2:39-41. 1973.
2. BLEINROTH, E.W. Condições de armazenamento da batata-semente. In: *Curso de armazenamento frigorificado de batata-semente*. São João da Boa Vista, SP, CENTREINAR-GEHORT, 1982. 49 p.
3. BOO, L. The effect of gibberelic acid on the inhibitor complex resting potato. *Physiol. Plant.* 14:676-681. 1961.
4. BOOCK, O.J. Batatas-semente submetidas a baixa temperatura e reflexos sobre a cultura. *Bragantia* 21:1-14. 1962.
5. BOOCK, O.J. Conservação de batata. In: *Tecnologia e produção de batata-semente*. Brasília, AGIPLAN-MA, 1976. p. 173-192.
6. BOOCK, O.J.; NOBREGA, S.A. & NERY, J.P. Influência das condições de armazenamento na composição de tubérculos de batatinha. *Bragantia* 25:161-178. 1966.
7. BURTON, W.G., The physics and physiology of storage. In: HARRIS, P.M. (ed.). *The potato storage*. London, Reading University Press, 1978. p. 545-606.
8. BUTCHBAKER, A.F.; PROMERSBERGER, W.J. & NELSON, D.C. Respiration and weight losses of potato during storage. *Farm Res.* 33-40. 1973.
9. BUTCHBAKER, A.F.; PROMERSBERGER, W.J. & NELSON, D.C. Weight loss of potatoes as affected by age, temperature, relative humidity, and air velocity. *Am. Potato J.* 5:124-132. 1973.
10. CARDOSO, M.R.O. *Quebra de dormência e imobilização de reservas em tubérculos-semente de batata-semente*. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1977. 65 p. (Tese de Mestrado).

11. CASTRO, J.L. Forçamento da brotação em batata-semente. In: *Tecnologia e produção de batatas-semente*. Brasília, AGIPLAN-MA, 1976. p. 35-45.
12. DAVIDSON, T.M.W. Dormancy in the potato tubers and the effects of storage conditions on initial sprouting and subsequent sprout growth. *Am. Potato. J.* 35:451-465. 1958.
13. DESSIMONI, D.P.G. & DIAS, C.A.C. Cultura da batata. In: *Curso de armazenamento frigorificado de batata-semente*. São João da Boa Vista, SP, CENTREINAR-GEHORT, 1982. 15 p.
14. GOODWIN, P.B. The control of branch growth on potato tubers. II The pattern of sprout growth. *J. Exp. Bot.* 18:87-99. 1967.
15. FIGUEIRA, F.A.R. *Manual de olericultura. Cultura e comercialização de hortaliças*. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1972. 451 p.
16. FURTADO, M.H. *Modificações fisiológicas e bioquímicas em tubérculos de batata (Solanum tuberosum L.) armazenados a diferentes temperaturas*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1983. 46 p. (Tese de Mestrado).
17. MIRANDA FILHO, M.S. Densidade populacional. In: *Curso de armazenamento frigorificado de batata-semente*. São João da Boa Vista, SP, CENTREINAR-GEHORT, 1982. 11 p.
18. MIZUBUTI, A.; SEVERO, F.G.F. & CARDOSO, M.R.O. Cultivares de batata obtidos em Minas Gerais. *Inf. Agrop.* 7:17-19. 1981.
19. SINGH, B.N. & MATHUR, P.B. Studies in potato storage. II. Influence of the stage of maturity of the tubers and the storage temperature of a brief duration immediately after digging on physiological losses in weight of potatoes during storage. *Ann. Appl. Biol.* 25:68-78. 1938.
20. SMITH, O. Dormancy. In: SMITH, O. (ed.). *Potato production, storing and processing*. New York, The Avi Publish Comp., 1968. p. 22-57.