

ZBIGNIEW CZERKO

Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin

Reakcja bulw ziemniaka na ściskanie podczas przechowywania przy składowaniu luzem

Reaction of potato tubers to compression during storage in a pile store

W nowoczesnych przechowalniach ziemniaki mogą być przechowywane w pryzmie o wysokości 5 m. W dolnej części pryzmy występują duże siły ściskające, które powodują deformacje i uszkodzenia ciśnieniowe widoczne po okresie przechowywania. W doświadczeniu analizowano efekt sił ściskających na powstawanie strat. Ziemniaki 4 odmian: Danusia, Mila, Kuba i Triada były ściskane w pojemnikach (prasach), które symulowały pryzmę ziemniaków o wysokości 2,5 m (pojemnik A) i 5,0 m (pojemnik B) oraz w pojemniku C bez naporu (kontrola). Pojemniki z otworami do wietrzenia ziemniaków były umieszczone w komorze przechowalni, w której utrzymywana była temperatura rekomendowana dla ziemniaków jadalnych (4°C). Po 7 miesiącach przechowywania oceniane były: ilość odcisków, powierzchnia największego odcisku, ubytki naturalne i długość kielków. Uszkodzenia ciśnieniowe były obserwowane na bulwach wszystkich badanych odmian. Średnia powierzchnia największego odcisku w pojemniku B wyniosła 413 mm², a w pojemniku A 328 mm². Ubytki naturalne najniższe były w pojemniku B i różniły się istotnie od kontroli i pojemnika A. Długość kielków występujących na odmianach umieszczonych w pojemniku B była istotnie największa i średnio dla 4 odmian wyniosła 12,8 mm. W pojemniku kontrolnym długość kielków wyniosła 9,8 mm. Ciemnienie miąższu pod uszkodzeniami nie wystąpiło w żadnym przypadku bezpośrednio po przechowaniu i po dodatkowych 4 dniach.

Słowa kluczowe: pryzma, przechowalnia, uszkodzenia ciśnieniowe, ziemniak

In modern storage houses potatoes can be stored in a bulk up to a height of 5 m. In the lower layer the potatoes are subjected to a strong pressure force. After storage lasting 7 months potatoes often become deformed and pressure-bruising. The experiment was performed on 4 potato cultivars: Danusia, Mila, Kuba, and Triada, which were squeezed in press-boxes simulating the pile height of 2.5 (box A) and 5.0 m (box B), and in the control box with no pressure (box C). The boxes with ventilating holes were placed in a storage room in which the temperature of 4°C, as recommended for table potatoes, was maintained throughout the experiment. After a 7-month storage period, the surface of the biggest pressure-bruise on the tuber, natural losses and the length of sprouts were evaluated. The pressure-bruise was clearly visible on the tubers of all investigated cultivars. In box B, the mean surface of the largest pressure-bruise for 4 cultivars was 413 mm², whereas that in box A measured 328 mm². Natural losses in particular cultivars were the smallest in box B. They were significantly larger in box A and in a control box C. Their average length for 4 cultivars was 12.8 mm. In a control box the mean length of sprouts was 9.8 mm. No changes in the form of parenchyma darkening at the site of the pressure-bruise were observed either directly after treatment or after further 4 days of storage.

Key words: pile, store, pressure-brusing, potato

WSTĘP

Przechowalnie do składowania ziemniaków luzem mają wysokość pryzmy dochodzącą do 5 m. Tak wysokie pryzmy w wyniku dużego naporu osiadają, a w dolnej części tam, gdzie występują największe siły ściskające dochodzi do uszkodzeń bulw w postaci odcisków. Pod odciskami w szczególnych przypadkach dochodzi do ciemnienia miąższu (Schorling, 2000). Na ciemnienie miąższu w bulwach pod odciskami mają wpływ zwiększone ubytki naturalne podczas przechowywania, duże odparowanie przez niedojrzałą skórkę oraz zranienia bulwy i pęknięcia komórek miąższu (Meijers, 1981). Ostateczną przyczyną ciemnienia jest utlenienie fenoli do melaniny, kiedy dużo tlenu poprzez pęknięcia dostaje się do komórek. (Burton, 1970; Duncan, 1973).

W praktyce przechowalniczej w celu ograniczania uszkodzeń ciśnieniowych zaleca się zmniejszanie wysokości pryzmy do 3,5–4,0 m dla okresu przechowywania trwającego 7–8 miesięcy, a zwiększanie wysokości pryzmy do 5,0 m dla ziemniaków przechowywanych przez 4 miesiące. Najlepszym sposobem jest przechowywanie w paletach skrzyniowych, których wysokość wynosi około 1,0 m.

Celem doświadczenia była ocena dynamiki osiadania pryzmy ziemniaków o wysokości 5,0 m w przechowalni produkcyjnej w okresie 7 miesięcy przechowywania oraz reakcja wybranych odmian ziemniaka na ściskanie w prasach symulujących wysokość pryzmy 2,5 i 5,0 m.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w dwóch częściach. W pierwszej wstępnej części zmierzono dynamikę osiadania pryzmy ziemniaków w przechowalni o składowaniu luzem na wysokość 5,0 m. Do pomiaru osiadania pryzmy ziemniaków odmiany Mila wykonano miernik składający się z liniału, którego ruchoma część stanowiąca podstawę była umieszczona w wierzchniej części pryzmy, a linijka z podziałką była umocowana na stałe do sufitu. Osiadanie pryzmy odczytywano co 7 dni przez cały sezon przechowalniczy (203 dni). Po okresie przechowywania oceniano występowanie odkształceń na różnych poziomach pryzmy.

W drugiej części wykonano zasadnicze doświadczenie. W trzech sezonach przechowalniczych w latach 1999–2002 zastosowano pojemniki (prasy) symulujące napór występujący w pryzmach ziemniaków o wysokości 2,5 m — 17,5 kN/m² (pojemnik A) i 5,0 m — 35 kN/m² (pojemnik B). oraz pojemnik kontrolny (C), w którym nie użyto dodatkowej siły nacisku. Pojemniki w kształcie prostopadłościanu o powierzchni podstawy 20 x 20 cm i wysokości 30 cm posiadały górne denko naciskane ze stałą siłą odpowiadającą ciężarowi ziemniaków o odpowiedniej wysokości.

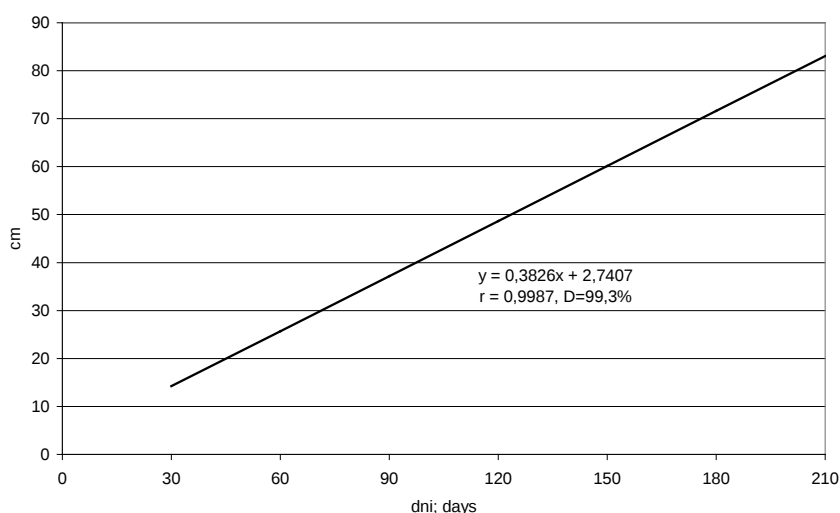
Pojemniki (prasy) posiadały otwory wentylacyjne w bocznych ściankach, w każdym o powierzchni 36 cm². Prasy zostały napełnione ziemniakami 4 odmian (Mila, Danusia, Triada, Kuba) w powtórzeniu po 18 bulw. Po to, aby badane bulwy nie stykały się z dnem i pokrywą pojemnika ułożono dodatkowe warstwy ziemniaków tworzące wypełnienie

pojemnika. Do doświadczenia wybrano zdrowe bulwy badanych odmian średniej wielkości (szerokość 4–5 cm). Przed ułożeniem do pojemników bulwy zostały zważone, każda z dokładnością do 0,01 g i ponumerowane. Pojemniki zostały wstawione do komory przechowalni, w której utrzymywane były warunki odpowiednie dla ziemniaków jadalnych (temperatura 4°C i wilgotność 87–92%).

Po okresie przechowywania (7 miesięcy) ocenione zostały ubytki naturalne każdej bulwy, ilość widocznych odcisków, powierzchnia największego odcisku (na każdej bulwie uwidaczniał się jeden dominujący głęboki odcisk i kilka płytkich) oraz oceniano intensywność kiełkowania przez pomiar długości największego kiełka. Wyniki poddano ocenie statystycznej wykonując analizę wariancji z zastosowaniem testu F „Snedecora” dla modelu stałego. Przy obliczaniu najmniejszej istotnej różnicy wykorzystano test t-Studenta.

WYNIKI I DYSKUSJA

W przechowalni produkcyjnej osiadanie pryzmy ziemniaków o wysokości 5,0 m za okres 203 dni wyniosło 80 cm (16%). Osiadanie następowało proporcjonalnie do czasu przechowywania według funkcji liniowej przy współczynniku determinacji 99,3% (rys. 1.).



Rys. 1. Dynamika osiadania pryzmy ziemniaków w przechowalni o wysokości składowania 5 m
Fig. 1. Decreasing height of a tubers pile in the course of time at the initial storage height of 5 m

Na wielkość osiadania duży wpływ mają warunki przechowywania (temperatura, wilgotność oraz intensywność wietrzenia), których ostatecznym wymiarem są ubytki naturalne. Potwierdzają to badania przeprowadzone przez (Hylmo i in., 1978) które pokazały, że na wielkość osiadania pryzmy duży wpływ miała wilgotność wentylowanego

powietrza oraz wielkość dawki wentylacyjnej (natężenie przepływu na 1 tonę ziemniaków). W badanej przechowalni ubytki naturalne wyniosły 6,5%, a system wentylacji charakteryzował się małą dawką wentylacyjną i długim dobowym czasem wentylacji (12 godz./dobę). W przechowalni zaopatrzonej w system nawilżania powietrza ubytki naturalne mogą być mniejsze nawet o 2%. Można oczekiwać, że w takich warunkach osiadanie przyzmy byłoby mniejsze.

Podczas rozładunku przyzmy zaobserwowano duże odkształcenia bulw w postaci odcisków na większości bulw w dolnej warstwie ziemniaków do wysokości około 70 cm. Po przekrojeniu bulwy pod odciskiem nie zaobserwowano przebarwienia mięszu podczas rozładunku przyzmy, a także dodatkowo po przechowywaniu przez 4 dni w temperaturze 10°C.

Dokładne pomiary uzyskane z doświadczenia przedstawiającego proces ściskania bulw, które było zrealizowane w pojemnikach-prasach o naporze 17,5 kN/m² (pojemnik A) i 35 kN/m² (pojemnik B) przedstawiono w tabelach 1 i 2. Bulwy wszystkich odmian, które były przechowywane w pojemniku B miały średnio więcej odcisków oraz powierzchnia odcisków była większa niż w pojemniku A. Powierzchnia największego odcisku na bulwach ściskanych w pojemniku B wyniosła średnio dla 4 odmian 413 mm² i była istotnie większa niż powierzchnia odcisku (328 mm²) powstała w pojemniku A.

Tabela 1

Liczba odcisków i powierzchnia największego odcisku na bulwach ziemniaka po przechowywaniu w pojemnikach — prasach A i B
Average number and area of the biggest pressure bruising on potato tubers after storage in press-boxes A and B

Rodzaj pojemnika Sort of box	Odmiany Cultivars	Powierzchnia największego odcisku Area of the biggest pressure-bruising (mm ²)	Liczba odcisków Average number of pressure-bruising
A	Mila	319	3,0
	Danusia	354	2,7
	Kuba	344	2,4
	Triada	294	2,6
B	Mila	412	3,2
	Danusia	452	3,1
	Kuba	412	2,7
	Triada	377	3,1
Średnie dla pojemników Mean for boxes	A	328	2,7
	B	413	3,0
NIR _{0,05} dla pojemników LSD _{0,05} for boxes		28	0,2

Liczba odcisków różniła się istotnie w badanych pojemnikach i wynosiła średnio dla 4 odmian 3 odciski w pojemniku B i 2,7 odcisków w pojemniku A. Liczba odcisków na bulwie ma związek z geometrią bulw stykających się z sobą oraz z wielkością siły nacisku. Przy większych siłach ściskających i dużym osiadaniu przyzmy powstaje większa ilość stykających się punktów na bulwie objawiająca się widocznymi odciskami.

Ubytki naturalne istotnie były mniejsze w bulwach podlegających naciskowi w pojemniku B w porównaniu do kontroli (pojemnik C) i w porównaniu do pojemnika A. Na

wielkość ubytków naturalnych zasadniczy wpływ ma wielkość powierzchni, z której następuje parowanie wody oraz niedosyt prężności pary wodnej w otaczającym powietrzu. W pojemniku B w wyniku dużego osiadania i wzrostu powierzchni stykających się bulw miały pomniejszoną o 5,1% wolną powierzchnię bulw, z której następuje parowanie. Jednak ubytki naturalne ziemniaków zmniejszyły się w pojemniku B w stosunku do pojemnika A więcej, bo o 15,3%. Drugim czynnikiem zmniejszającym ubytki naturalne była większa wilgotność w porach między bulwami. Wilgotność względna i temperatura w komorze przechowalniczej były jednakowe dla wszystkich kombinacji, także powietrze wentylowane, przepływające przez komorę przechowalniczą było o takich samych parametrach. Natomiast w okresie bez wentylacji parująca woda z ziemniaków umieszczonych w mniejszej przestrzeni (zmniejszone pory w ściśniętych ziemniakach w pojemniku B) powodowała wzrost ciśnienia pary wodnej w atmosferze otaczającej bulwę. Wyrównanie warunków termiczno-wilgotnościowych w poszczególnych prasach ściskających następowało podczas wentylacji przechowalni, czyli średnio 3 godziny na dobę. Kilkakrotny w sezonie przechowalniczym pomiar wilgotności względnej powietrza (psychrometrem aspiracyjnym) znajdującego się w porach w okresie trwającym kilkanaście godzin po wentylacji wykazał zwiększoną wilgotność w pojemniku B w stosunku do pojemnika A (odpowiednio 92 i 89%). Po okresie wietrzenia nie zaobserwowano istotnej różnicy wilgotności, w obu przypadkach wilgotność wynosiła średnio 87%.

Tabela 2

Ubytki naturalne i długość kielków na bulwach ziemniaka po przechowywaniu w pojemnikach — prasach A i B

Natural losses and length of sprouts after storage in press-boxes A and B			
Rodzaj pojemnika Sort of box	Odmiany Cultivars	Ubytki naturalne Natural losses (%)	Długość kielków Length of sprouts (mm)
C (kontrola) C (control)	Mila	5,4	6,3
	Danusia	5,5	5,8
	Kuba	4,8	12,9
	Triada	4,8	14,1
A	Mila	6,3	7,9
	Danusia	5,6	6,2
	Kuba	4,6	15,3
	Triada	4,3	16,1
B	Mila	6,3	6,2
	Danusia	4,5	6,9
	Kuba	3,4	16,8
	Triada	3,3	21,5
Średnia dla pojemników Mean for boxes	C	5,1	9,8
	A	5,2	11,4
	B	4,4	12,8
NIR _{0,05} dla pojemników LSD _{0,05} for boxes		0,4	2,0

Dłuższe kielki w ziemniakach podlegających większym naciskom (pojemniki A i B) oprócz niewyjaśnionych czynników mechaniczno-chemicznych mogły być wynikiem zwiększonej wilgotności w prasach ściśniętych większą siłą. Wiele badań wskazuje na intensywniejsze kiełkowanie w warunkach zwiększonej wilgotności (Burton i in., 1992). Wraz ze wzrostem sił ściskających zwiększenie się długości kielków szczególnie uwidoczniło się u odmiany Kuba i Triada.

W przeprowadzonym doświadczeniu nie wystąpiło ciemnienie miąższu pod odciskami bulw. Czynniki, które sprzyjają powstawaniu ciemnej plamistości pod odciskami są: wczesny zbiór bulw, duże ubytki naturalne, ale także duży turgor, odcisnięcia powodujące pęknięcie komórek, ziemniaki zebrane w skrajnych warunkach okresu wegetacji — sucho, mokro (Meijers, 1981). Dokładniejsza analiza ciśnieniowych uszkodzeń komórek bulw przeprowadzona przez Lulai (1996) pokazuje, że ciemna plamistość powstaje pod tymi odciskami na bulwie, gdzie były uszkodzone komórki miąższu a w wyniku dużego nacisku w wysokich pryzmach proces gojenia nie zachodzi lub czas gojenia wydłuża się. Badane odmiany zebrane zostały w pełnej dojrzałości technicznej kombajnem, następnie przesortowane, a do doświadczenia wybrano ziemniaki nieuszkodzone. W sezonie przechowalniczym trwającym 7 miesięcy, temperatura i wilgotność były na optymalnym poziomie (temperatura 4°C, wilgotność względna 87–92%) Także wielkość ubytków naturalnych była na niskim poziomie (3,3–6,3%).

WNIOSKI

1. W okresie przechowywania następuje osiadanie pryzmy proporcjonalnie do czasu przechowywania (po 7 miesiącach — 16%).
2. Ziemniaki podlegające większym siłom ściskającym w pojemniku B miały większą ilość odcisków i powierzchnia największego odcisku była większa o 26% w stosunku do pojemnika A.
3. Zachowanie optymalnych warunków przechowywania w trzech badanych sezonach przechowalniczych nie spowodowało powstania ciemnej plamistości pod odciskami ciśnieniowymi.

LITERATURA

- Burton W. G. 1970. Black spot. Physiological aspects. Proceedings of the Fourth Triennial Conference of the European Association for Potato Research I.N.R.A. Publ. 70/5: 79 — 92.
- Burton W. G., van Es A., Hartmans K. J. 1992. The physics and physiology of storage. In: The potato crop, Ed by Harris P., Chapman and Hall, London, 2nd edition: 608 — 709.
- Duncan H. J. 1973. Rapid bruise development in potatoes with oxygen under pressure. Potato Research 16: 306 — 310.
- Hylmo B., Johansson A., Wikberg C. 1978. A simple method to determine the drying out of the tubers in a potato pile. Abstracts of Conference Papers, 7-th Triennial Conference of the European Association for Potato Research Warsaw. 26 June — 1 July: 98 — 99.

- Lulai E. C. 1996. Cellular changes and physiological responses to tuber pressure-bruising. *American Potato Journal* 73: 197 — 209.
- Meijers C. P. 1981. Diseases and defects liable to effect potatoes during storage. In: *Storage of Potatoes. Post-harvest behaviour, storage design, storage practice, handling.* Rastowski A., A van Es, Pudoc (eds.) Wageningen: 138 — 166.
- Schorling E. 2000. Ursachen für das unterschiedliche Auftreten von Lagerdruckstellen. *Kartoffelbau*, 51. Jg. (8) 2000: 332 — 336.