

ZBIGNIEW CZERKO**MAGDALENA GRUDZIŃSKA**

Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział Jadwisin

Wpływ siły ściskania bulw ziemniaka w czasie przechowywania na wielkość strat przechowalniczych

Influence of compression forces of potato tubers during storage on storage losses

Celem doświadczenia była ocena strat przechowalniczych i przyrostu nekroz pouszkodzeniowych na przechowywanych bulwach poddanych sile ściskania. Przed przechowywaniem bulwy 3 odmian: Flaming, Elanda, Almera zostały umieszczone w rurach o średnicy 6 cm i wysokości 60 cm w następujących kombinacjach: uszkodzone bez zabliźnień — bez ściskania; uszkodzone bez zabliźnień — siła ściskania 60 N; uszkodzenia zabliźnione — siła ściskania 60 N. Rury umieszczono w komorze przechowalni, w temperaturze 8°C. Po 6 miesiącach przechowywania oceniane były: powierzchnia uszkodzeń ciśnieniowych, ubytki naturalne, długość i liczba kielków, wielkość uszkodzeń zewnętrznych i wewnętrznych. Uszkodzenia ciśnieniowe obserwowane były na bulwach wszystkich badanych odmian. Średnia powierzchnia odcisku wynosiła 382 mm². Wpływ na wielkość uszkodzeń ciśnieniowych miały warunki termiczno-wilgotnościowe występujące podczas wegetacji. Wielkość uszkodzeń ciśnieniowych powstałych na bulwach istotnie różniła się między badanymi odmianami. Sposób zabliźniania bulw nie miał wpływu na wielkość uszkodzeń ciśnieniowych. Nekrozy na bulwie, powstałe po uszkodzeniach zewnętrznych i wewnętrznych powiększyły się na wszystkich odmianach po przechowywaniu. Powierzchnia nekroz istotnie różniła się między odmianami — u odmiany Almera wynosiła 31,8 mm², a u odmiany Flaming 73,4 mm². Uszkodzenia w postaci zmiążdżenia miąższu spowodowały przyrost grubości nekroz po przechowywaniu od 1,2 mm w odmianie Almera i do 4,1 mm w odmianie Flaming. Na grubość nekrozy nie miała wpływu siła ściskania bulw, a tylko sposób zabliźniania skaleczeń. Poziom ubytków naturalnych był wyższy w ziemniakach nie ściskanych, które nie przeszły okresu gojenia bulw. Siła ściskania bulw wpływała na przebieg kiełkowania podczas przechowywania. Po przechowywaniu większą ilość kielków zaobserwowano w ziemniakach ściskanych nie zabliźnionych niż ściskanych ale zabliźnionych.

Słowa kluczowe: przechowywanie, straty, uszkodzenia ciśnieniowe, ziemniak

The aim of the experiment was to evaluate the storage losses and increase of after damaged necrosis on stored tubers subjected to compression forces. Before storing the tubers of 3 varieties: Flaming, Eland and Almera were placed in tubes with a diameter of 6 cm and a height of 60 cm in the following

combinations: damaged, no healing, without compression; damaged without healing, compression force of 60 N; damaged, with healing, compression force of 60 N. Tubers were placed in storage at 8°C. After 6 months of storage following parameters were evaluated: surface of pressure-bruise, natural losses, the length and number of sprouts, the size of the external and internal damages. Pressure-bruises were observed on tubers of all tested varieties. The average area of pressure-bruise was 382 mm². Thermal and moisture conditions effected on the amount of pressure — bruise. The pressure — bruise occurred on tubers were significantly different between studied cultivars. Way of tuber healing had no effect on the pressure — bruise. Tuber necroses, caused by internal and external damaged have increased in all varieties after storage. Necrosis area significantly differed between varieties — in the variety Almera was 31.8 mm², in variety Flaming 73.4 mm². The thickness of necrosis caused of crushing of tubers after storage was from 1.2 mm in a cultivar Almera to 4.1 mm in cultivar Flaming. The thickness of necrosis did not depend on compression force but only on the way of wound healing. The level of natural losses was higher in potatoes not compressed, which were not subjected to the healing period. Compression force had an effect on tuber sprouting. After storing more sprouts were observed in potatoes not healed and compressed than in compressed but healed.

Key words: damaged, potato, pressure-bruise, storage losses

WSTĘP

Jakość ziemniaków dostarczanych do konsumenta zależy od wielu czynników, wśród których najważniejszymi są: dobór odpowiedniej odmiany, warunki klimatyczne w okresie wegetacji, technologia uprawy i przechowywania (Marks, 1998; Gruczek, 2001; Nowacki, 2007; Czerko, 2011; Krzysztofik, 2012). Jakość ziemniaków jadalnych po zbiorze może zostać oceniona na podstawie wielkości uzyskanego plonu handlowego. Plon handlowy ziemniaka jadalnego w polskich warunkach uprawy zazwyczaj nie przekracza 70% całkowitego plonu, pozostałe 30% to bulwy z różnego rodzaju wadami (Nowacki, 2006 a, 2006 b). Wśród bulw wadliwych dużą pozycję stanowią bulwy uszkodzone mechanicznie podczas zbioru, przechowywania i konfekcjonowania.

Uszkodzenia mechaniczne bulw mogą występować w postaci uszkodzeń zewnętrznych np.: otarcie skórki, rany cięte, punktowe, pęknięcia, zmiżdżenia miąższu. Uszkodzenia wewnętrzne nie są bezpośrednio widoczne z zewnątrz, lecz dopiero po obraniu skórki. Mają postać zmiżdżonego miąższu objawiającego się ciemnieniem lub nekrozą pouszkodzeniową (Marks, 2009).

Podczas przechowywania ziemniaków dochodzi do różnych rodzajów uszkodzeń mechanicznych w wyniku oddziaływania maszyn obróbczych na bulwy w momencie załadunku, rozładunku sortowania i konfekcjonowania, a także w wyniku ściskania bulw w wysokich pryzmach ziemniaków.

Do przechowywania ziemniaków wykorzystywane są dwa typy przechowalni: do składowania w paletach skrzyniowych i do składowania luzem. W przechowalniach do składowania luzem wysokość pryzmy dochodzi do 5 m, chociaż w większości przechowalni nie przekracza 3,5 m (Kubicki, 1980; Czerko, 2010) W okresie przechowywania następuje równomierne osiadanie pryzmy wynoszące przykładowo 80 cm po 7 miesiącach przechowywania dla pryzmy o wysokości 5,0 m (Czerko, 2003).

W dolnej części pryzmy siła naporu jest znaczna i powoduje w różnym stopniu odkształcenie bulw i uszkodzenia ciśnieniowe. Na bulwach uwidoczniają się wgłębienia w

formie "odcisku". Na niektórych odmianach ziemniaków pod odciskiem może wystąpić ciemna plamistość w wyniku pęknięcia komórek miąższu i utleniania fenoli do melaniny (Dunkan, 1973; Burton i in., 1992; Dean, 1993; Mathew i Hyde, 1997; Schorling, 2000). Ziemniaki składowane luzem w wyniku dużej siły ściskającej mają zwiększoną powierzchnię styku z sąsiednimi bulwami. Zmniejszona wolna powierzchnia, z której następuje bezpośrednie odparowanie wody z bulwy przyczynia się tym samym do mniejszych ubytków naturalnych (Czerko, 2003).

Celem doświadczenia była ocena strat przechowalniczych i ocena przyrostu nekroz pouszkodzeniowych na przechowywanych bulwach poddanych jednocześnie sile ściskania.

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniu ziemniaki umieszczane były w rurach o średnicy 6 cm, długości 60 cm i ściskane tłokiem obciążonym ciężarkiem siłą 60 N. Dziewięć bulw o wymiarach dopasowanych do średnicy rury (6 cm) ułożono jedna na drugiej i zamknięto od góry tłokiem obciążonym ciężarkiem. Taki sposób ułożenia i ściskania bulw powodował, że na każdą bulwę działała zbliżona siła. Do określenia dokładnej wartości siły ściskającej w górnej, środkowej i dolnej strefie rury wykonano pomiary miernikiem elektronicznym MPS-60 tzw. bulwą elektroniczną (Czerko i Nowacki, 2005).

„Bulwa elektroniczna” została umieszczona w rurze pomiędzy ściskanymi ziemniakami na trzech poziomach. Przy ściskaniu ziemniaków w rurze o długości 60 cm siłą 65 N uzyskano następujące siły ściskające: 63 N w warstwie górnej, 60 N w warstwie środkowej i 58 N w warstwie dolnej. Różnica siły ściskania na całej długości rury nie przekraczała 10%, więc przyjęto średnią siłę ściskania 60 N odzwierciedlającą siłę w przyzmię o wysokości 3,0 m.

W roku 2010 przeprowadzono wstępne pomiary sześciu odmian (Wiarus, Aruba, Elanda, Zagłoba, Almera, Flaming) w celu wybrania odpowiednich odmian, które będą charakteryzowały się różną reakcją na powstawanie nekroz pouszkodzeniowych po przechowywaniu bulw. Bulwy zostały uszkodzone w różny sposób: przecięcie miąższu, uszkodzenie warstwy korkowej, uderzenie bez przerwania skórki oraz odkształcenie ciśnieniowe. Bulwy ściśnięte siłą 60 N po 6 miesiącach przechowywania w temperaturze 8°C zostały ocenione pod względem reakcji na uszkodzenia mechaniczne.

Na podstawie oceny powstałych uszkodzeń do dalszych badań wybrano 3 odmiany: Almera — mała powierzchnia odcisku i mała powierzchnia nekroz pouszkodzeniowych; Flaming — mała powierzchnia odcisku, ale duża powierzchnia nekroz pouszkodzeniowych i Elanda — duża powierzchnia odcisku i dość duża wrażliwość na powstawanie nekroz pouszkodzeniowych (tab. 1).

Odmiany ziemniaka uprawiano w systemie konwencjonalnym na polu doświadczalnym w Jadwisinie. Odmiana Flaming: bardzo wczesna, bulwy o kształcie owalnym, zawartość suchej masy 19,8%. Odmiana Almera średnio wczesna, o kształcie podłużno owalnym, zawartość suchej masy 17,3%. Elanda, średnio wczesna, o kształcie owalnym, zawartość suchej masy 17,9%”.

Do głównego doświadczenia wybrano zdrowe bulwy 3 odmian (Flaming, Elanda, Almera) o jednakowym kształcie mieszczące się w rurze o średnicy 6 cm. Bulwy zostały uszkodzone: bolcem kwadratowym o wymiarach 5×5 mm, cięcie nożem na głębokość 10 mm, oraz uderzenie bolcem w kształcie kuli o średnicy 20 mm bez skaleczenia skórki (spadek ciężarka 2 kg z wysokości 40 cm).

Ziemniaki po uszkodzeniu zostały umieszczone w perforowanych rurach (umożliwiających wentylację) o wysokości 60 cm i zostały poddane ścisaniu w następujących kombinacjach:

- ziemniaki po uszkodzeniu zostały bezpośrednio poddane ścisaniu siłą 60 N,
- ziemniaki po uszkodzeniu przeszły okres gojenia w temperaturze 15°C i po 10 dniach zostały poddane ścisaniu siłą 60 N,
- ziemniaki bezpośrednio po uszkodzeniu umieszczone zostały w rurze, bez siły ściskającej.

Rury z ziemniakami zostały wstawione do przechowalni w temperaturze 15°C i w okresie jednego miesiąca temperatura została obniżona do 8°C. W okresie długotrwałego przechowywania trwającego 5 miesięcy ziemniaki przechowywano w 8°C. Łącznie po 6 miesiącach przechowywania ziemniaki zostały ocenione pod względem:

- ubytków naturalnych — przez pomiar masy każdej bulwy przed i po przechowywaniu,
- ilości, długości i masy kiełków,
- powierzchni odcisku (mm²) — powierzchnia wyliczona przez pomiar długości i szerokości zagłębienia i obliczoną powierzchnię elipsy,
- grubości (mm) nekrozy pouszkodzeniowej po przecięciu nożem,
- powierzchni nekrozy po uszkodzeniu bolcem kwadratowym — (powierzchnia nekrozy po prostym przecięciu bulwy przez środek uszkodzenia),
- głębokości ciemnej plamy (mm) po uszkodzeniu bolcem kulowym bez przerywania perydermy — mierzoną grubością ciemnej plamy w mm po przekrojeniu bulwy.

Wyniki doświadczeń opracowano przy zastosowaniu trzyczynnikowej analizy wariancji. Istotność różnic testowano testem T-Studenta (na poziomie istotności $p < 0,05$). Istotność interakcji testowano za pomocą testu „F” Snedecora dla modelu stałego w układzie niezależnym (Elandt, 1964).

WYNIKI I DYSKUSJA

Wstępne pomiary przeprowadzone w 2010 roku, miały na celu ocenę reakcji sześciu odmian ziemniaka w postaci uszkodzeń ciśnieniowych na siły ściskające bulwy podczas przechowywania. Wykazano, że badane odmiany ziemniaka po sześciu miesiącach przechowywania różniły się między sobą powierzchnią powstałych odcisków ciśnieniowych na bulwie oraz wielkością nekroz powstałych po uszkodzeniach mechanicznych. Największą powierzchnią odcisku charakteryzowały się odmiany; Aruba, Wiarus, Elanda, a najmniejszą Zagłoba, Almera, Flaming (tab. 1). Wielkość nekroz po uszkodzeniach mechanicznych podczas których dochodziło do przerywania perydermy zależała od odmiany.

Tabela 1

Wielkość różnego rodzaju uszkodzeń bulw po przechowywaniu (6 miesięcy) ziemniaków ściśniętych siłą 60 N**Size of different damages of tubers after storage (6 months) of potatoes compressed by 60 N force**

Odmiana Variety	Rodzaj uszkodzenia/wielkość nekrozy Kind of damage/size of necrosis			
	powierzchnia odcisku area of the pressure- bruising (mm ²)	uszkodzenie zewnętrzne (powierzchnia, mm ²) external damage (area, mm ²)	uszkodzenie wewnętrzne- (grubość nekrozy, mm) internal damage (thickness of necrosis, mm)	ciemna plamistość pouszkodzeniowa (głębokość, mm) Blackspot (depth, mm)
Wiarus	403,5 a	31,1 c*	0 c	1,8 a
Aruba	423,2 a	44,0 b	0 c	0,4
Elanda	400,8 a	45,0 b	1,5 b	0,7 c
Zagłoba	280,2 c	40,0 b	1,4 b	0,3 d
Almera	316,0 bc	29,1 c	0 c	0,6 c
Flaming	338,0 b	74,4 a	2,6 a	1,1 b
Średnio Average	360,2	43,9	0,9	0,8
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	46,9	5,2	0,5	0,3

* Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie

* Values marked with the same letters do not differ significantly

W wielu badaniach zostało udowodnione, że odmiany ziemniaka charakteryzują się różną wrażliwością na powstawanie mechanicznych uszkodzeń zewnętrznych, jak i wewnętrznych (Roztropowicz i Czernik, 1985; Zgórska, 1989; Marks, 1998; Lutomirska, 2000). Po przechowywaniu nekrozy pouszkodzeniowe powiększyły się na bulwach wszystkich odmian. Największe powiększenie nekroz wystąpiło w odmianie Flaming, a najmniejsze w odmianach Almera i Wiarus.

Do głównych badań przeprowadzonych w latach 2011–2012 wybrano 3 odmiany Etiuda, Flaming i Almera. Analiza po 2 latach badań pokazuje, że poziom ubytków naturalnych był istotnie wyższy w ziemniakach z zabliznionymi uszkodzeniami i nie poddanych sile ściskającej, w porównaniu do bulw ściskanych z zabliznionymi uszkodzeniami jak i bulw ściskanych z uszkodzeniami nie zabliznionymi (tab. 2).

W stosunku do bulw nie zabliznionych po uszkodzeniu i ściskanych siłą 60 N różnice nie były istotne. Porównując bulwy, których uszkodzenia nie były zabliznione, stwierdzono mniejszy poziom ubytków naturalnych w bulwach ściskanych niż nie ściskanych. Potwierdza się to co było przedstawione w innych badaniach (Czerko, 2003), gdzie bulwy ściśnięte i tym samym bardziej odkształcone o większej powierzchni styku między bulwami miały mniejsze ubytki naturalne niż bulwy nieściśnięte. Można to zjawisko wytłumaczyć zmniejszoną wolną powierzchnią bulw poza punktem ich styku a tym samym mniejszą transpiracją wody.

Na poziom ubytków naturalnych w przechowalni miał wpływ przebieg pogody w okresie wegetacji. Ubytki naturalne w sezonie 2011/12 były istotnie wyższe niż w 2010/11. Odmiana Elanda charakteryzowała się najniższym poziomem ubytków naturalnych, 5,3%. Najwyższymi ubytkami 7,6% charakteryzowała się odmiana Flaming.

Tabela 2

Ocena strat przechowalniczych bulw uszkodzonych i poddanych ścisaniu siłą 60 N
Estimation of storage losses of tubers damaged and compressed by 60 N force

Kombinacja Treatment	Odmiana Variety	Rok Year	Ubytki naturalne Natural losses (%)	Kielki — Sprouts		
				liczba number	długość length (mm)	masa bulwy (g) mass of tuber (g/)
Uszkodzenia zabliźnione/bulwy ściskane (60 N). Healed wounds / compressed tubers (60 N)	Flaming	2010/11	4,5	3,9	36,7	1,96
		2011/12	10,0	5,6	14,3	1,04
	Elanda	2010/11	3,5	0,9	15,9	0,30
		2011/12	4,7	1,6	20,9	0,53
	Almera	2010/11	5,3	0,3	1,1	0,02
		2011/12	5,5	2,0	5,0	0,05
Uszkodzenia bez zabliźnień/bulwy nie ściskane Wounds not healed/ tubers not compressed	Flaming	2010/11	7,9	3,3	38,7	1,49
		2011/12	9,4	6,3	18,9	1,69
	Elanda	2010/11	8,3	1,1	17,6	0,47
		2011/12	4,6	2,1	12,1	0,29
	Almera	2010/11	6,8	0,1	1,4	0,02
		2011/12	5,7	0,6	1,7	0,01
Uszkodzenia bez zabliźnień/bulwy ściskane (60 N) Wounds not healed/ compressed tubers (60 N)	Flaming	2010/11	5,0	4,4	38,1	2,01
		2011/12	8,9	7,9	22,9	2,10
	Elanda	2010/11	5,3	1,1	6,0	0,12
		2011/12	5,1	3,0	13,1	0,44
	Almera	2010/11	6,2	0,7	4,1	0,07
		2011/12	6,8	1,9	12,1	0,26
Uszkodzenia zabliźnione/bulwy ściskane (60 N). Healed wounds / compressed tubers (60 N)			5,6 b*	2,4 b	15,6 a	0,65 a
Uszkodzenia zabliźnione/bulwy nie ściskane Healed wounds/ tubers not compressed			7,1 a	2,3 b	15,1 a	0,66 a
Uszkodzenia bez zabliźnień/bulwy ściskane (60 N) Wounds not healed / compressed tubers (60 N)			6,2 b	3,2 a	16,1 a	0,84 a
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			0,9	0,6	5,4	0,28
Flaming			7,6a	5,2a	28,3a	1,71a
Elanda			5,3b	1,6b	14,3b	0,36b
Almera			6,1b	0,9c	4,3c	0,07c
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			0,9	0,6	5,4	0,28
2010/11			5,9a	1,8a	17,8a	0,72a
2011/12)			6,8b	3,4b	13,5a	0,71a
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			0,8	0,5	4,4	0,23

* Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie

* Values marked with the same letters do not differ significantly

Tabela 2 a

Interakcja między badanymi czynnikami a parametrami określającymi straty przechowalnicze bulw
The interaction between the studied factors and the parameters defining the storage losses of tubers

Interakcja Interaction	Ubytki naturalne Natural losses	Ilość kielków/ bulwę Number of sprouts/ tuber	Długość kielków Length of sprouts	Masa kielków (g/bulwę) Mass of sprouts (g/tuber)
Odmiana × uszkodzenia Variety × damage	-	-	-	-
Odmiana × lata Variety × years	++	++	++	-
Uszkodzenia × lata Damage × years	++	-	-	-
Uszkodzenia × odm. × lata Damage × variety × years	-	-	-	-

+ Istotność na poziomie, $p \leq 0,05$; Significant at $p \leq 0,5$ — ++ Istotność na poziomie $p \leq 0,01$; Significant at $p \leq 0,1$

Siła ściskania bulw miała wpływ na kiełkowanie. Większą ilość kiełków po przechowywaniu zaobserwowano w ziemniakach, które po uszkodzeniach nie były zabliźnione i ściskane siłą 60 N, niż w ziemniakach uszkodzonych bez zabliźniania, ale nie poddanych sile ściskającej. W literaturze można znaleźć dane wskazujące, że uszkodzenia jako bodziec traumatyczny często przyspiesza kiełkowanie bulw (Listowski, 1974; Ittersum, 1992).

Różny przebieg wegetacji w 2 latach badań istotnie wpłynął na liczbę kiełków na bulwie w poszczególnych odmianach. W sezonie 2010/11 zanotowano średnio tylko 1,8 kiełków na jednej bulwie, natomiast w sezonie 2011/12 odpowiednio 3,4 kiełków. Okres wegetacji w 2010 charakteryzował się większą sumą opadów — 504 mm niż w roku 2011 — 432 mm, przy zbliżonej średniej temperaturze miesięcznej w okresie wegetacji (15,6°C w 2010 roku i 15,8°C w roku 2011).

Po 6 miesiącach przechowywania wielkość powierzchni uszkodzeń ciśnieniowych (odcisków) i nekroz pouszkodzeniowych powstałych w wyniku uszkodzeń zewnętrznych bulw zabliźnionych i nie zabliźnionych, ściskanych siłą 60 N, nie różniła się istotnie (tab. 3). Największe odkształcenia ciśnieniowe wystąpiły na odmianie Elanda i miały powierzchnię — 405 mm², a najniższe na odmianie Flaming — 352 mm².

W prezentowanych badaniach na bulwach badanych odmian nie zaobserwowano ciemnienia miąższu pod uszkodzeniami ciśnieniowymi. Także w innych badaniach w których użyto innych odmian na bulwach ściskanych (Czerko, 2003 i 2006) nie zauważono powstawania ciemnych plam pod odciskami. Według Meijersa, 1981 i Lulaia, 1996 jedną z przyczyn ciemnienia miąższu pod odciskami, które ujawniają się po wyjęciu ziemniaków z przechowalni jest „odprężenie” zgniecionej tkanki i dostanie się do uszkodzonych komórek tlenu powodującego ciemnienie. W badaniach własnych turgor ziemniaków po przechowywaniu nie był wysoki (ubytki naturalne 5,6–6,2%), co mogło zadecydować, że nie powstały wewnętrzne mikropęknięcia miąższu pod uszkodzeniami ciśnieniowymi. Bulwy o większych ubytkach naturalnych są bardziej elastyczne i mniej podatne na wewnętrzne mikropęknięcia miąższu. Jednak w praktyce przechowalniczej poziom ubytków naturalnych nie może być wysoki, gdyż może przyczynić się do zwiększonego ciemnienia fizjologicznego bulw (Meijers, 1981). W wykonywanym doświadczeniu ciemnienie fizjologiczne bulw nie wystąpiło.

Grubość nekroz pouszkodzeniowych po przecięciu bulwy nożem zależała głównie od odmiany i zawierała się od 1,6 mm dla Almera do 4,8 mm dla Flaminga. Zabieg zabliźniania uszkodzeń bulw przed przechowywaniem z jednoczesnym ściskaniem bulw siłą 60 N nie miał wpływu na wielkość nekroz pouszkodzeniowych. Istotnie grubsze nekrozy po przecięciu wystąpiły w sezonie 2010–2011 charakteryzującym się większymi opadami w okresie wegetacji.

Powierzchniowe zniszczenie perydermy (kwadratowym bolcem) spowodowało wzrost powierzchni nekrozy pouszkodzeniowej po przechowywaniu we wszystkich kombinacjach (w porównaniu do wartości początkowej — 25 mm²). Istotne różnice dotyczyły tylko poszczególnych odmian, gdzie u odmiany Almera powierzchnia nekroz wynosiła 31,8 mm², a u odmiany Flaming 73,4 mm².

Tabela 3

Wielkość różnego rodzaju uszkodzeń bulw po przechowywaniu (6 miesięcy) ziemniaków ściśniętych siłą 60 N

Size of different damages of tubers after storage (6 month) of potatoes compressed by 60 N force

Kombinacja Treatment	Odmiana Variety	Rok Year	Powierzchnia odcisku Area of the pressure-bruising (mm ²)	Uszkodzenie wewnętrzne (grubość nekrozy, mm) Internal damage (thickness of necrosis, mm)	Uszkodzenie zewnętrzne (powierzchnia, mm ²) External damage (area, mm ²)	Ciemna plamistość pouszkodzeniowa głębokość Blackspot-depth (mm)
Uszkodzenia zabliźnione/bulwy ściskane (60 N). Wounds healed / compressed tubers (60 N)	Flaming	2010/11	373	5,1	72,0	4,1
		2011/12	274	3,4	71,9	7,7
	Elanda	2010/11	469	1,7	34,9	0,4
		2011/12	370	0,9	35,0	0,7
	Almera	2010/11	455	1,7	30,1	0,1
		2011/12	391	1,3	32,9	2,6
Uszkodzenia bez zabliźnień/bulwy nie ściskane Wounds not healed / tubers not compressed	Flaming	2010/11	0	8,3	74,9	2,1
		2011/12	0	3,3	72,3	3,6
	Elanda	2010/11	0	1,6	39,1	0,3
		2011/12	0	0,7	36,1	0,6
	Almera	2010/11	0	1,3	26,4	0
		2011/12	0	1,1	35,7	2,0
Uszkodzenia bez zabliźnień/bulwy ściskane (60 N). Wounds not healed / tubers compressed (60 N)	Flaming	2010/11	427	6,4	80,4	2,9
		2010/12	333	2,4	69,0	4,4
	Elanda	2010/11	340	1,6	38,9	0,1
		2011/12	443	0,3	36,9	0
	Almera	2010/11	408	1,3	29,3	0,1
		2011/12	293	1,3	36,4	2,1
Uszkodzenia zabliźnione/ bulwy ściskane (60 N) Wounds healed/tubers compressed (60 N)			389 a	2,4 a	46,1 a	2,6 a
Uszkodzenia bez zabliźnień/ bulwy nie ściskane Wounds not healed/ tubers not compressed (0 N)			0 b	2,7 a	47,4 a	1,4 b
Uszkodzenia bez zabliźnień/ bulwy ściskane (60 N) Wounds not healed/ tubers compressed (60 N)			374 a	2,2 a	48,5 a	1,6 ab
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			42	0,8	8,4	1,2
Flaming			352 b	4,8a	73,4a	4,1a
Elanda			405 a	1,1b	36,8b	0,4b
Almera			387 ab	1,3b	31,8b	1,2b
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			52	0,8	8,4	1,2
2010/11			412a	3,2	47,3	1,1
2011/12			351b	1,6	47,4	2,6
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			42	0,7	6,9	1,0

* Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie

* Values marked with the same letters do not differ significantly

Powierzchnia widocznych nekroz pouszkodzeniowych była największa na bulwach zabliźnionych bezpośrednio po uszkodzeniu. Prawdopodobnie ciemnienie miąższu w wyniku uszkodzeń wewnętrznych, które powstało w wyższej temperaturze, objawiło się maksymalną głębokością w krótkim czasie (2–3 dni) i w takim stanie pozostawało do końca przechowywania. Natomiast ciemna plamistość pouszkodzeniowa bulw uszkodzonych i wstawionych do niższej temperatury mogła zostać ograniczona tylko do tkanki mocno zmiażdżonej.

Interakcja między badanymi czynnikami a parametrami określającymi odporność bulw na uszkodzenia

The interaction between the studied factors and the parameters defining resistance to damage tubers

Interakcja Interaction	Powierzchnia odcisku Area of the pressure-bruising	Uszkodzenie wewnętrzne-(grubość nekrozy, mm) Internal damage	Uszkodzenie zewnętrzne (powierzchnia, mm ²) External damage	Ciemna plamistość pouszkodzeniowa Blackspot
Odmiana × uszkodzenia Variety × damage	+	-	-	-
Odmiana × lata Variety × years	-	++	-	-
Uszkodzenia × lata Damage × years	-	-	-	-
Uszkodzenia × odm. × lata Damage × variety × years	+	-	-	-

+ Istotność na poziomie $p \leq 0,05$; Significant at $p \leq 0.5$

++ Istotność na poziomie $p \leq 0,01$ Significant at ≤ 0.1

Odnotowano wpływ warunków wegetacji na wzrost głębokości nekroz powstałych w wyniku zmiżdżenia perydermy. Warunki pogodowe występujące w roku 2011 wpłynęły na większą powierzchnię odkształceń bulw i na wzrost nekroz w wyniku przecięcia bulwy. Natomiast warunki wegetacji roku 2011 wpłynęły na zmniejszenie ciemnej plamistości pouszkodzeniowej.

WNIOSKI

1. Podczas dłuższego przechowywania powstałe nekrozy pouszkodzeniowe powiększają się, dlatego też należy unikać wczesnej obróbki ziemniaków.
2. Siła ściskająca bulwy w czasie przechowywania nie ma wpływu na powiększanie się nekroz pouszkodzeniowych.
3. Ograniczenie ubytków naturalnych ziemniaków można uzyskać wykorzystując etap gojenia bulw.
4. Warunki okresu wegetacji mają wpływ na takie parametry przechowywania jak: poziom ubytków naturalnych, liczbę i długość kiełków na bulwie, uszkodzenia ciśnieniowe, uszkodzenia wewnętrzne i ciemną plamistość pouszkodzeniową.

LITERATURA

- Burton W. G., Es van A., Hartmans K. L. 1992. The physics and physiology of storage. In: The potato crop: the scientific basis for improvement. Second Edition, ed. by Paul Harris (Chapman and Hall), London: 608 — 727.
- Czerko Z. 2003. Reakcja bulw ziemniaka na ściskanie podczas przechowywania przy składowaniu luzem. Biul. IHAR 228: 275 — 281.
- Czerko Z., Nowacki W. 2005. Monitorowanie maszyn do obróbki ziemniaków za pomocą „bulwy elektronicznej” PMS-60. Inż. Rol. 1: 49 — 55.
- Czerko Z. 2006. Straty po przechowywaniu bulw poddanych sile ściskania. Zeszyty Prob. Post. Nauk Rol. Z 511: 531 — 537.
- Czerko Z. 2010. Zasady budowy i eksploatacji przechowalni ziemniaków. IHAR — PIB Jadwisin. ss. 67

- Czerko Z. 2011. Wpływ mechanizacji prac przechowalniczych na uszkodzenia mechaniczne bulw ziemniaka. *Ziemn. Pol.* 1: 1 — 5.
- Dean B. B., Jackowiak N., Nagel M., Pavek J., Corsini D. 1993. Blackspot pigment development of resistant and susceptible *Solanum tuberosum* L. genotypes at harvest and during storage measured by three methods of evaluation. *Am. Potato J.* 70: 201 — 217.
- Duncan H. J. 1973. Rapid bruise development in potatoes with oxygen under pressure. *Potato Research.* 16: 306 — 310.
- Elandt R. 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego. PWN, Warszawa.
- Gruczek T. 2001. System pielęgnowania ziemniaka a jakość plonu. *Fragm. Agronom.* 2: 37 — 51.
- Krzysztofik B. 2012. Wpływ wybranych czynników na wartość indeksu mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka przeznaczonego do przetwórstwa spożywczego. *Biul. IHAR* 266: 235 — 243.
- Kubicki K. 1980. Biologiczne i techniczne uwarunkowania przechowywania ziemniaków. PWN, Warszawa: 207 ss.
- Ittersum van M. K. 1992. Dormancy and growth vigour of seed potatoes. Doctoral thesis. Wageningen Agricultural University: 187 ss.
- Listowski A. 1974. *Biologia ziemniaka*. W: *Ziemniak*. Pod redakcją W. Gabriela. PWRiL, Warszawa: 15 — 60.
- Lulai E. C. 1996. Cellular changes and physiological responses to tuber pressure-bruising. *Am. Potato J.* 73: 197 — 209.
- Lutomirska B. 2000. Odporność polskich i zagranicznych odmian ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne bulw. *Biul. IHAR* 214: 183 — 194.
- Marks N. 1998. Wpływ techniki uprawy na plon i cechy jakościowe bulw ziemniaka. *Inż. Rol.* 2: 175 — 187.
- Marks N. 2009. Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka. *Pol. Tow. Inż. Rol.* Kraków: 117 ss.
- Mathew R., Hyde G. M. 1997. Potato impact damage thresholds. *Trans. ASAE.* 40: 705 — 709.
- Meijers C. P. 1981. Diseases and defects liable to affect potatoes during storage. In: Rastovski A., Van Es A., Hartmans K. J., Buitelaar N., Haan P. H. D., Majers C. P., Schild J. H. W. V. D., Sijbring P. H., Sparenberg H., Zwol B. H. V. *Storage of potatoes*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen: 138 — 166.
- Nowacki W. 2006 a. Straty w plonie handlowym czynnikiem determinującym efektywność ekonomiczną produkcji ziemniaków jadalnych. *Rocz. Nauk. Stow. Ekon. Rol. i Agrobiznesu* 8 (1): 133 — 136.
- Nowacki W. 2006 b. Udział plonu handlowego w plonie ogólnym jadalnych odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 429 — 440.
- Nowacki W. 2007. Plon handlowy i straty przechowalnicze ziemniaka jadalnego uprawianego w systemie ekologicznym i integrowanym. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* vol. 52 (4): 5 — 9.
- Roztropowicz S., Czernik L. 1985. Wstępne uszeregowanie 30 odmian ziemniaka pod względem odporności na uszkodzenia mechaniczne. *Biul. Inst. Ziem.* 33:19 — 26
- Schorling E. 2000. Ursachen für das unterschiedliche Auftreten von Lagerdruckstellen. *Kartoffelbau* 51 (8): 332 — 336.