

WPLYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA NIEKTÓRE WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE BULW ZIEMNIAKA

Z. Sobol

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Akademia Rolnicza, ul. Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: zsobol@ar.krakow.pl

Streszczenie. Celem badań było określenie wpływu długotrwałego okresu przechowywania bulw ziemniaka różnych odmian i frakcji oraz stosowanego nawożenia na wartość siły i odkształcenia bulwy (ugięcia bulwy) występujących do momentu osiągnięcia wytrzymałości biologicznej.

Badania wykonano na 3 odmianach (Baszta, Irga, Salto) przy zastosowaniu powierzchniowo nawożenia mineralnego i nawozu zielonego w postaci poplonu oraz lokalnie, sypkich i granulowanych nawozów organicznych (biohumus i Polli-Pam). Badania obejmowały okres długotrwałego przechowywania bulw (osiem miesięcy). Pomiar siły i odkształceń dokonywano co miesiąc. Badania ograniczono do dwóch frakcji bulw 30-40 mm i 50-60 mm.

Z przeprowadzonych badań wynika, że na wartość siły przebicia skórki statystycznie istotny wpływ miały wszystkie czynniki przyjęte do doświadczenia tj.: okres przechowywania, odmiany, frakcje i nawożenie. Największą wartością siły przebicia charakteryzowały się bulwy odmiany Salto, po ostatnim okresie przechowywania, nawożone nawozami mineralnymi. Większą wartość uzyskano dla bulw frakcji większej. Najmniejszą wartość siły przebicia posiadały bulwy odmiany Irga, po czterech miesiącach przechowywania, nawożone Polli-Pam.

Na wartość ugięcia bulw przy ich obciążaniu, statystycznie istotny wpływ miały: okres przechowywania, odmiany i frakcje. Ugięcie systematycznie rosło z upływem czasu przechowywania. Największą wartość ugięcia posiadały bulwy odmiany Salto. Bulwy frakcji mniejszej charakteryzowały się większym ugięciem. Najmniejszą wartość ugięcia odnotowano dla odmiany Baszta.

Słowa kluczowe: ziemniak, właściwości mechaniczne, przechowywanie, nawożenie.

WSTĘP

Warunki pracy i obciążenia w maszynach do zbioru i obróbki pozbiorowej wymagają poznania właściwości mechanicznych bulw ziemniaka. Zarówno warunki pracy tych maszyn, jak i ich obciążenie decydują o jakości zbieranego plonu. Właściwością, która opisuje ich jakość (przydatność do celów konsumpcyjnych, przetwórczych, reprodukcyjnych) jest granica wytrzymałości biologicznej. Przekroczenie tej granicy w przypadku bulw ziemniaka wiąże się z przebicciem skórki, czyli powstawaniem mechanicznych uszkodzeń [1].

Bulwy ziemniaka jako materiał reologiczny bardzo silnie reagują na działanie wielu zróżnicowanych czynników zewnętrznych [8]. Wpływ nawożenia (przyjętego za tradycyjny) na wytrzymałość bulw na uszkodzenia mechaniczne jest raczej poznany [3,4,5,6]. Brak jest jednak jednoznacznych doniesień na temat wpływu nowych form nawozów organicznych (przetworzonych do formy humusu biologicznego) aplikowanych lokalnie w trakcie sadzenia na wartość sił i odkształceń występujących do momentu osiągnięcia granicy wytrzymałości biologicznej. Wpływ tego sposobu nawożenia ziemniaków jest obiektem obecnie prowadzonych badań, a ich wyniki coraz częściej skłaniają do polecenia przetworzonych nawozów biologicznych dla upraw ekologicznych i integrowanych [7].

Racjonalne zagospodarowanie bulw ziemniaka związane jest z koniecznością długotrwałego ich przechowywania. W polskich warunkach klimatycznych bulwy ziemniaka dla celów konsumpcyjnych, do przetwórstwa czy jako sadzeniaki muszą być przechowywane w świeżej i niezmienionej formie przez okres od 7 do 9 miesięcy. Podczas długotrwałego przechowywania w bulwach zachodzą procesy, które w istotny sposób mogą wpływać na ich mechaniczne właściwości [2,10,11].

Informacje dotyczące siły wywołującej naprężenia niszczące strukturę bulw i towarzyszące temu zjawisku odkształcenia, mogą zostać wykorzystane w celu zmniejszenia mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka powstałych zarówno na etapie zbioru, obróbki pozbiorowej i technologii przetwarzania.

Celem badań było określenie wpływu długotrwałego okresu przechowywania, odmian i frakcji bulw oraz stosowanego nawożenia na wartość sił i odkształceń występujących do momentu osiągnięcia granicy wytrzymałości biologicznej bulw ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Czynnikami doświadczenia były:

- okres przechowywania (od września do maja, badanie kontrolne tuż po zbiorze, częstość pomiaru co jeden miesiąc),
- odmiana (Baszta, Irga, Salto) - charakterystyka w Tabeli 1,
- frakcja bulw (30-40 mm, 50-60 mm),
- nawożenie (nawozy mineralne w dawce NPK 90:90:135 kg·ha⁻¹ czystego składnika), nawóz zielony w postaci poplonu gorczycy z łubinem 40 t·ha⁻¹, biohumus bydlęcy w dawce 8000 l·ha⁻¹, biohumus Polli-Pam produkowany na bazie kurzych odchodów, metodą termicznej fermentacji bakteryjnej w dawce 2000 l·ha⁻¹ oraz jako kontrola ziemniaki bez nawożenia.

Tabela 1. Charakterystyka odmian ziemniaka

Table 1. Characteristics of varieties potato

Cecha	Odmiana		
	Baszta	Irga	Salto
Wczesność	średnio wczesna	średnio wczesna	średnio późna
Zawartość skrobi	15,5% (średnia)	12,8% (średnia)	17,2% (podwyższona)
Charakterystyka morfologiczna	bulwy okrągło owalne	bulwy okrągło owalne	bulwy okrągło owalne
Odporność na mechaniczne uszkodzenia	—————	dość odporna	bardzo podatna
Trwałość przechowalnicza	średnia	bardzo słaba	słaba

Badano następujące wielkości fizyczne:

- siłę wywołującą naprężenia niszczące skórę bulwy ziemniaka,
- odkształcenie bulwy ziemniaka, występujące przy osiągnięciu granicy wytrzymałości biologicznej.

Ziemniaki uprawiano na glebie lekkiej (piasek gliniasty). Doświadczenie założono metodą podbloków losowych.

Wybierano bulwy o charakterystycznym kształcie dla danej odmiany, tj. okrągło-owalne. Z bulw frakcji mniejszych (30-40 mm) wyselekcjonowano bulwy o masie 50-60 g, a z frakcji większej (50-60 mm) bulwy o masie 100-130g. Bulwy przechodo-

wywano w pojedynczych warstwach na ażurowym podłożu. Temperatura przecho-
wywania wynosiła 5-6°C, a wilgotność względna powietrza 80-90%.

Siłę i odkształcenie wyznaczano za pomocą penetrometru statycznego, sprężynowego (skonstruowanego przez autora) o wycechowanej sprężynie. Penetrometr wyposażony był we wgłębnik o średnicy 3,8 mm (Rys. 1). Pomiar polegał na powolnym (około 0,0015 m·s⁻¹) wciskaniu wgłębniaka (12) w bulwę (13) do momentu przebicia skórki. Bulwę umieszczano w gnieździe przyrządu wyposażonym w woreczek z piaskiem (14) tak, aby wgłębnik był ustawiony prostopadle do jej powierzchni. W tym momencie odczytywano wskazanie czujnika dolnego (18), a następnie przez powolne obracanie pokrętle (1) doprowadzano do zetknięcia wgłębniaka z powierzchnią bulwy. Sygnalizowane było to przez poruszenie wska-
zówki czujnika (dolnego lub górnego). Wówczas odczytywano wskazanie tarczy górnej (początkowe) (2). Następnie wolno, (ok. 90 obr·min⁻¹) i równomiernie obracano pokrętle i jednocześnie obserwowano wskazania czujników dolnego (18) i górnego (5). Wskazania obu czujników oraz wskazanie liczby obrotów pokrętle były odczytywane w momencie maksymalnego wychylenia wskazówki czujnika górnego. Temperatura bulw i otoczenia podczas badań wynosiła około 18°C.

Ugięcie wycechowanej sprężyny pozwalało określić siłę nacisku wgłębniaka na bulwę, ze wzoru:

$$F = 9,9384 \cdot W_{czg} + 9,2482 \quad [N] \quad (1)$$

gdzie: W_{czg} - wskazanie czujnika górnego.

Ugięcie skórki bulw określano ze wzoru:

$$S = (T_{gk} - T_{gp}) - W_{czg} - (W_{czdk} - W_{czdp}) \quad [mm] \quad (2)$$

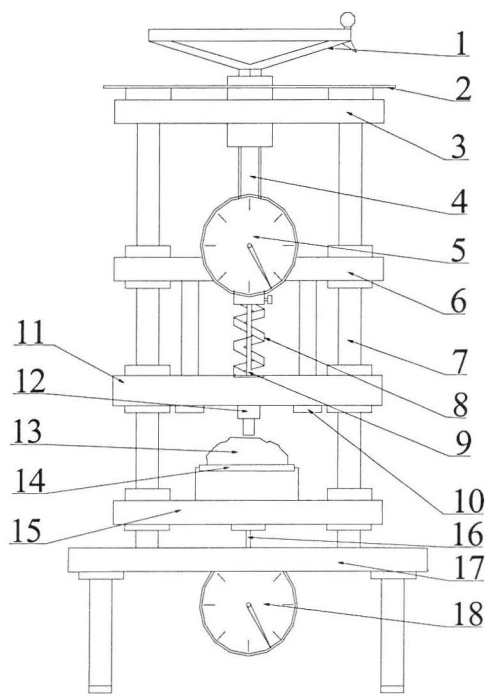
gdzie: T_{gk} - wskazanie tarczy górnej (końcowe),

T_{gp} - wskazanie początkowe tarczy górnej,

W_{czg} - wskazanie czujnika górnego,

W_{czdk} - wskazanie końcowe czujnika dolnego,

W_{czdp} - wskazanie początkowe czujnika dolnego.



Rys. 1. Schemat przyrządu do określania siły i odkształcenia bulwy ziemniaka w granicy wytrzymałości biologicznej.

1-pokrętko ze wskaźnikiem, 2-tarcza wskazująca liczbę obrotów pokrętkła (1), 3-poprzeczka nieruchoma, 4-śruba napędowa, 5-czujnik zegarowy przemieszczenia – górny (dokładność pomiaru 0,01 mm), 6-poprzeczka ruchoma górna, 7-prowadnica, 8-wycechowana sprężyna, 9-końcówka czujnika górnego, 10-śruba zderzakowa, 11-poprzeczka dolna z wgłębniakiem, 12-wgłębniak walcowy ($\phi = 3,8$ mm), 13-bulwa, 14-woreczek z piaskiem, 15-poprzeczka z gniazdem, 16-końcówka czujnika dolnego, 17-podstawa, 18-czujnik zegarowy przemieszczenia – dolny (dokładność pomiaru 0,01 mm).

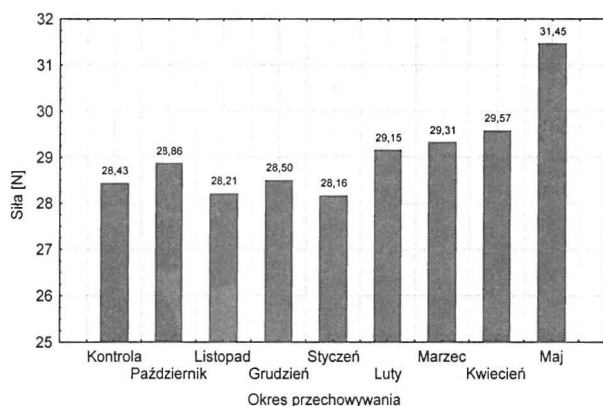
Fig. 1. The diagram of a device for measuring the force value and potato tuber deformation within potato biological resistance value.

1-handwheel with index, 2-target fore number revolutions handwheel (1), 3-cross-bar immovable, 4-screw driving, 5-sentry clock displacement – upper (preciseness measurement 0,01 mm), 6-cross-bar movable upper, 7-slideway, 8-certificated spring, 9-ending sentry upper, 10-screw buffer, 11-cross-bar lower with penetrator, 12-cylinder penetrator ($\phi = 3,8$ mm), 13-tuber, 14-bag with sand, 15-cross-bar with nest, 16-ending sentry lower, 17-basis, 18-sentry clock displacement - lower (preciseness measurement 0,01 mm).

WYNIKI I DYSKUSJA

Z analizy wariancji w klasyfikacji wielokrotnej wynika, że na wartość siły przebiccia skórki bulw ziemniaka miały statystycznie istotny wpływ wszystkie przyjęte czynniki doświadczenia tj. okres przechowywania, odmiana, frakcje i sposób nawożenia. Jednocześnie statystycznie istotnymi interakcjami okazały się: okres przechowywania bulw – odmiana, okres przechowywania bulw – frakcja bulw, odmiana – nawożenie, okres przechowywania bulw – odmiana – frakcja bulw, okres przechowywania bulw – odmiana – nawożenie.

Najniższą wartość siły przebiccia uzyskano po czterech miesiącach przechowywania (28,16 N), a najwyższą po całym okresie, tj. ośmiu miesiącach (31,45 N) (Rys. 2). Wielokrotny test rozstępu Duncana (Tab. 2) wykazał cztery grupy jednorodne wartości siły przebiccia.



Rys. 2. Wartość siły przebiccia skórki bulwy ziemniaka w okresie przechowywania.

Fig. 2. Potato tuber skin punching force value in the storage period.

Z analizy wyników i prowadzonych obserwacji, zauważyć można, że okresy przechowywania, w których odnotowano najmniejszą wytrzymałość mechaniczną bulw wiązały się z intensywnie zachodzącymi w nich przemianami fizjologicznymi. Pierwszy okres przemian to tuż po zbiorze (1 grupa), w którym następowało dojrzewanie bulw i korkowacenie perydermy. Następny przypadał na trzecią fazę przechowywania (w styczniu) związaną z podwyższoną aktywnością przemian biochemicznych, powodujących początek kiełkowania bulw. Wartość siły określanej po ostatnim okresie przechowywania (tj. w maju) istotnie różniła się od jej wartości w pozostałych okresach. Spostrzeżenia te są zgodne z treściami prezentowanymi między innymi przez Sowa-Niedziałkowską [11] i Fydecką-Mazurczyk, Zgórską [2].

Tabela 2. Wielokrotny test rozstępu Duncana. Grupy jednorodne wartości siły przebiccia skórki bulwy ziemniaka dla okresu przechowywania

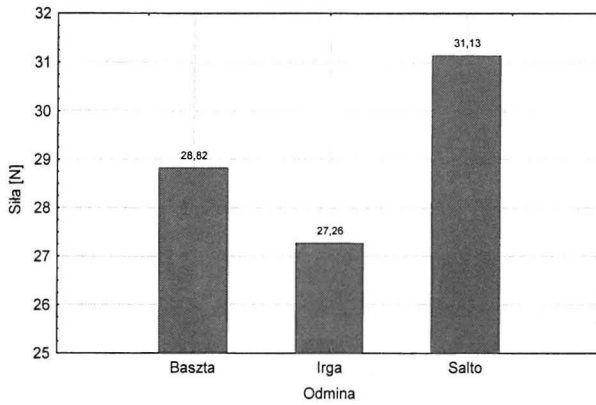
Table 2. Duncan's multiple range test. Uniform groups of the potato skin punching force value for the storage period

Termin przechowywania	Grupy jednorodne				
	1	2	3	4	5
Styczeń	xxxx				
Listopad	xxxx				
Kontrola	xxxx	xxxx			
Grudzień	xxxx	xxxx			
Październik		xxxx	xxxx		
Luty			xxxx	Xxxx	
Marzec				Xxxx	
Kwiecień				Xxxx	
Maj					xxxx

W obrębie odmian najmniejszą siłą przebiccia charakteryzowała się Irga (27,26 N), a największą Salto (31,13 N) (Rys. 3). Wyniki badań wskazują na odmienną reakcję odmian w zakresie wytrzymałości mechanicznej w odniesieniu do ich charakterystyk zaczerpniętych z katalogu [9]. Wielokrotny test rozstępu Duncana wykazał statystycznie istotne różnice wartości sił pomiędzy wszystkimi odmianami.

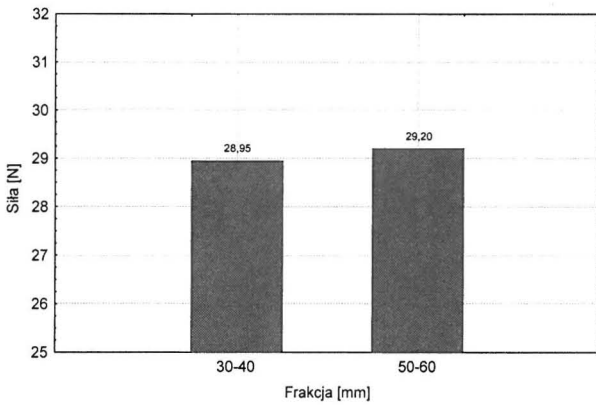
Do przebiccia skórki bulw frakcji mniejszej, tj. 30-40 mm potrzeba mniejszej siły - 28,95 N, niż do przebiccia skórki bulw dużych (50-60 mm) - 29,20 N, (Rys. 4). Wyniki tych badań są zgodne z wieloletnimi badaniami prowadzonymi przez Marksa [8].

Bulwy nawożone Polli Pam charakteryzowały się najmniejszą wartością siły przebiccia (28,71 N), a bulwy nienawożone (kontrola) największą (29,34 N) (Rys. 5). Wielokrotny test rozstępu Duncana (Tab. 3) wykazał trzy grupy jednorodne wartości siły przebiccia.



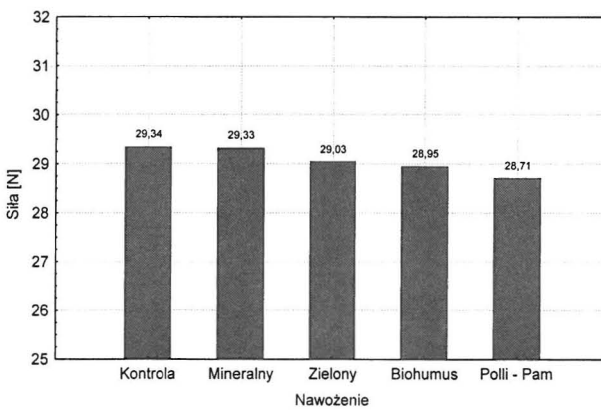
Rys. 3. Wartość siły przebicia skórki bulwy ziemniaka badanych odmian.

Fig. 3. Potato tuber skin punching force value for tested varieties.



Rys. 4. Wartość siły przebicia skórki bulwy ziemniaka dla frakcji bulw.

Fig. 4. Potato tuber skin punching force value for tuber's fractions.



Rys. 5. Wartość siły przebicia skórki bulwy ziemniaka przy różnym nawożeniu.

Fig. 5. Potato tuber skin punching force value for different fertilization.

Tabela 3. Wielokrotny test rozstępu Duncana. Grupy jednorodne wartości siły przebiccia skórki bulwy ziemniaka dla form nawożenia

Table 3. Duncan's multiple range test. Uniform groups of the potato skin punching force value for fertilization forms

Forma nawożenia	Grupy jednorodne		
	1	2	3
Polli-Pam	xxxx		
Biohumus	xxxx	xxxx	
Zielony		xxxx	xxxx
Mineralne			xxxx
Kontrola			xxxx

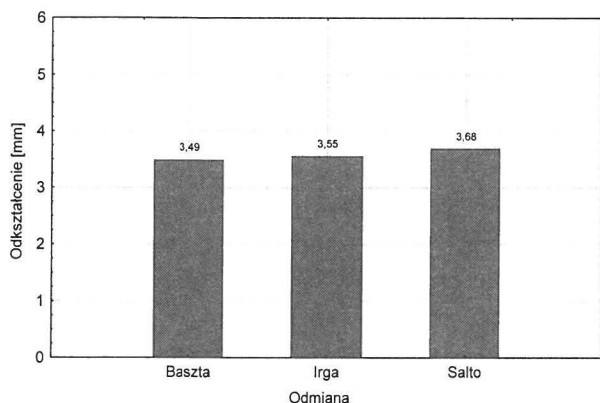
Wprawdzie reakcja na nawożenie jest odmienna w odniesieniu do badań prowadzonych przez Marksa i in. [7], ale ocena wytrzymałości mechanicznej nie obejmowała takich czynników, jak rodzaj gleby czy maszyny.

Analiza wariancji w klasyfikacji wielokrotnej wykazała, że na wartość odkształcenia (ugięcia) bulwy w momencie przebiccia skórki miały statystycznie istotny wpływ: okres przechowywania, odmiana oraz wielkość bulw. Interakcjami statystycznie istotnymi były: okres przechowywania bulw - odmiana, okres przechowywania bulw - frakcja bulw, okres przechowywania bulw - nawożenie, odmiana - nawożenie.

W czasie przechowywania najmniejszym odkształceniom ulegały bulwy tuż po zbiorze - 2,20 mm, a największym po ostatnim okresie (8 miesięcy) - 4,79 mm, (Rys. 6). Wielokrotny test rozstępu Duncana (Tab. 4) wykazał jedną grupę jednorodnych wartości ugięcia skórki bulw określanych w listopadzie i grudniu. Wartości ugięcia bulw określane w pozostałych miesiącach istotnie różniły się między sobą.

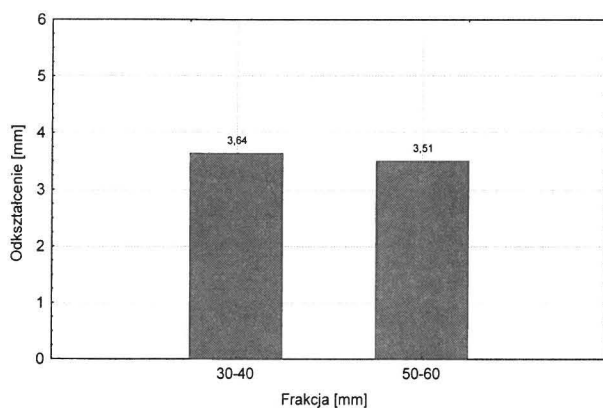
W obrębie odmian najmniejszą wartością ugięcia bulw charakteryzowała się Baszta (3,49 mm), większą Irga (3,55 mm), a największą Salto (3,68 mm) (Rys. 7). Wielokrotny test rozstępu Duncana wykazał statystycznie istotne różnice wartości ugięcia pomiędzy wszystkimi odmianami

Bulwy frakcji większej (50-60 mm) ulegały mniejszemu ugięciu - 3,51 mm, w odniesieniu do bulw małych (30-40 mm), dla których ugięcie wynosiło 3,64 mm (Rys. 8).



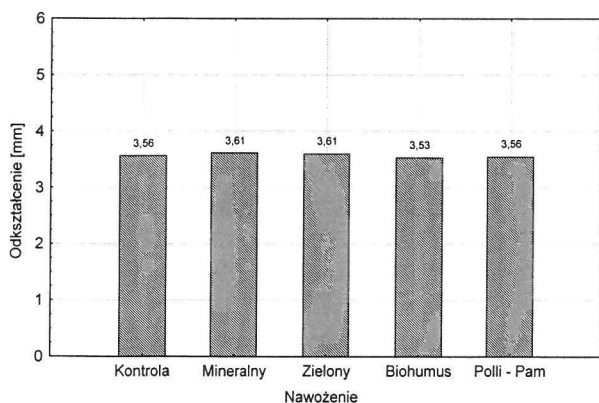
Rys. 7. Odkształcenia bulwy ziemniaka w granicy wytrzymałości biologicznej dla odmian.

Fig. 7. Potato tuber deformation value within potato biological resistance limits for varieties.



Rys. 8. Odkształcenia bulwy ziemniaka w granicy wytrzymałości biologicznej dla frakcji bulw.

Fig. 8. Potato tuber deformation value within potato biological resistance limits for tuber's fractions.



Rys. 9. Odkształcenia bulwy ziemniaka w granicy wytrzymałości biologicznej przy różnym nawożeniu.

Fig. 9. Potato tuber deformation value within potato biological resistance limits for different fertilization.

WNIOSKI

1. Okres długotrwałego przechowywania bulw ziemniaka miał statystycznie istotny wpływ na wartość siły powodującej przebicie skórki oraz odkształcenie bulwy. Największą wartość siły (31,45 N) uzyskano dla prób po całym okresie przechowywania (osiem miesięcy), najmniejszą (28,16 N) po czterech miesiącach. Odkształcenie rosło wraz z okresem przechowywania od 2,20 mm, tuż po zbiorze, do 4,79 mm.
2. Wykazano statystycznie istotny wpływ odmian na siłę przebicia skórki oraz odkształcenie. Najbardziej odporną mechanicznie odmianą okazała się Salto, dla której siła niszcząca skórkę wynosiła 31,13 N, natomiast najmniej odporną Irga, dla której wartość siły wynosiła 27,26 N. Bulwy odmiany Salto ulegały największym odkształceniom (3,68 mm), a najmniejszym odmiany Baszta (3,49 mm).
3. Wielkość bulw istotnie wpływały na siły i odkształcenia w punkcie osiągnięcia granicy wytrzymałości biologicznej. Bulwy frakcji większej (50-60 mm) były bardziej odporne mechanicznie ($F = 29,20$ N) i ulegały mniejszym odkształceniom (3,51). Wartość siły przebicia skórki dla frakcji mniejszej (30-40 mm) wynosiła 28,95 N, a odkształcenie 3,64 mm.
4. Zastosowane nawozy istotnie wpływały na wartość siły. Bulwy ziemniaka uprawianego bez nawożenia (kontrola) charakteryzowały się największą odpornością mechaniczną (wartość siły przebicia wynosiła 29,34 N), natomiast bulwy ziemniaka uprawianego na nawozie Polli-Pam najmniejszą - 28,71 N.

PIŚMIENNICTWO

1. **Byszewski W., Haman J.:** Gleba-maszyna-roślina. PWN, Warszawa, 1977.
2. **Fydecka-Mazurczyk A., Zgórska K.:** Wpływ zabiegu rekondycjonowania na jakość bulw przeznaczonych do przetwórstwa. Konferencja Naukowa „Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość”, IHiAR, Jadwisin, 1999.
3. **Grześkiewicz H.:** Poplony ścierniskowe w nawożeniu ziemniaka. *Poradnik Gospodarski*, 6, 9, 1994.
4. **Jabłoński K.:** Korzyści z dolistnego nawożenia ziemniaków mikroelementami. *Ziemniak Polski*, 2, 22-29, 2000.
5. **Jastrzębski K.:** Uszkodzenie bulw podczas zbioru ziemniaków. *Poradnik plantatora roślin okopowych*, 8, 1985.

6. **Krzysztofik B.:** Wpływ różnych form nawozów mineralnych na wytrzymałość statyczną i dynamiczną bulw ziemniaka. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, 180, Mechanizacja i Energetyka Rolnictwa, 1, 13-20, 1983.
7. **Marks N., Krzysztofik B., Sobol Z., Baran D.:** Ocena zlokalizowanego nawożenia organo-cznego i zagonowej techniki uprawy ziemniaka. Polska Akademia Umiejętności, Prace Komisji Nauk Rolniczych, 2,107-115, 2001.
8. **Marks N.:** Wpływ wybranych czynników na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, 107, Rozprawa habilitacyjna, 1986.
9. Polski katalog odmian ziemniaka. IHiAR, Bonin, 1999.
10. **Schulz H., Böttcher H.:** Składowanie produktów roślinnych. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, 1999.
11. **Sowa-Niedziałkowska G.:** Wpływ wybranych czynników na zmiany ilościowe w czasie przechowywania odmian jadalnych. Konferencja Naukowa Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość. IHiAR, Jadwisin, 1999.

INFLUENCE OF SELECTED FACTORS UPON CERTAIN MECHANICAL QUALITIES OF POTATO TUBERS

Z. Sobol

Agricultural and Food Technology Department, University of Agriculture
ul. Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: zsobol@ar.krakow.pl

Abstract. The research objective was to determine the influence of a long-term storage period for potato tubers, as well as variety and fraction and the fertilization applied upon the force value and deformation (tuber bending) when exceeding the biological resistance.

The research was done upon the varieties (Baszta, Irga, Salto) at the surface application of mineral fertilization and green manure in the form of aftercrop and locally, powdered and granulated organic fertilizers (biohumus and Polli-Pam). The research included a period of long-term tuber storage (eight months) and the measurement step was one month. For control purposes, the measurement was done just after crop collection. The research was limited to two fractions of tuber: 30-40 mm and 50-60 mm.

The conducted research results are that all the factors included into the experiment had statistically significant influence upon the potato skin punching force, i.e. the storage period, varieties, fractions and fertilization. The greatest value for the punching force was characteristic for the tubers of Salto variety after the last storage period, fertilized with mineral fertilizers. A greater

value was obtained for the greater fraction tubers. The smallest value for the punching force was revealed in the case of Irga variety tubers, after four months of storage, fertilized with Polli-Pam.

The following factors had statistically significant influence upon the tuber bending value: storage period, varieties and fractions. The bending was increasing systematically together with the storage period. The greatest bending value was revealed by Salto variety tubers. The tubers of the smaller fraction revealed smaller bending. The smaller bending value was revealed for Baszta variety.

Key words: Potato, mechanical properties, storage, fertilization.