

OKREŚLENIE „SKURCZU PRZECHOWALNICZEGO” BULW ZIEMNIAKA

Zygmunt Sobol

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej,
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

Wstęp

Ubytki naturalne wynikają z procesów fizjologicznych i fizycznych (oddychanie, transpiracja i kiełkowanie) zachodzących w bulwach podczas przechowywania [SOWA-NIEDZIAŁKOWSKA 1999, 2000, 2003]. Wszystkie te procesy powodują utratę masy bulw, a w związku z tym zmniejsza się turgor komórek, bulwy tracą jędrność i ulegają skurczowi. Na intensywność przebiegu tych procesów znaczący wpływ mają następujące grupy czynników: cechy genetyczne odmian, wśród których najistotniejsza jest budowa anatomiczna perydermy; zdrowotność i dojrzałość bulw; czynniki agrotechniczne, a wśród nich: rodzaj gleby, warunki pogodowe w okresie wegetacji, nawożenie, zabiegi pielęgnacyjne, sposób i warunki zbioru; warunki termiczno-wilgotnościowe w miejscu składowania oraz okres przechowywania [CZERKO i in. 1985; SOWA-NIEDZIAŁKOWSKA 1999, 2000, 2003; SOBOŁ 2005a, b]. Utrata jędrności bulw podczas długotrwałego przechowywania, której towarzyszy skurcz, ma istotne znaczenie podczas operacji ich przetwarzania na produkty spożywcze oraz przy wykorzystaniu bulw do bezpośredniej konsumpcji. Zwiększanie skurczu bulw podczas przechowywania wpływa ujemnie na ich właściwości mechaniczne. Właściwości mechaniczne bulw decydują o przebiegu procesu obierania (zwłaszcza mechanicznego) oraz krojenia na frytki i czipsy [LIŚIŃSKA 1994; LIŚIŃSKA, RUTKOWSKI 1999]. Poznanie dynamiki zmian skurczu przechowalniczego bulw ziemniaka w długotrwałym okresie (z uwzględnieniem wielu czynników modyfikujących proces przechowywania) może przyczynić się do ograniczenia strat przy przetwarzaniu bulw oraz spowodować polepszenie jakości wytwarzanych wyrobów (np. frytek lub czipsów).

Celem badań było określenie wpływu czasu przechowywania ziemniaków, odmiany, wielkości bulw i rodzaju stosowanego nawożenia na wartość skurczu przechowalniczego bulw. Badania prowadzono przez trzy lata w celu określenia zakresu zmienności skurczu przechowalniczego.

Materiały i metody

Badania przechowalnicze prowadzone przez trzy lata (temperatura 4–6°C, wilgotność względna 90%) polegały na pomiarze objętości bulw (wagą laboratoryjną WPS 510/C/1 wyposażoną w zestaw do wyznaczania gęstości ciał stałych)

tuż po zbiorze oraz w poszczególnych etapach przechowywania [SOBOL 2005a]. Okres przechowywania wynosił osiem miesięcy, a pomiary przeprowadzono w odstępach jednomiesięcznych. Badania wykonano w okresach przechowalniczych 2001/2002, 2002/2003, 2003/2004. Ziemiaki odmian Baszta, Iřga i Salto pochodziły z upraw nawożonych tradycyjnie i systemem integrowanym. W obrębie każdej odmiany badano dwie frakcje wielkościowe 30–40 mm i 50–60 mm. Ziemiaki nawożono nawozami mineralnymi (NPK w dawce 90 : 90 : 135 kg·ha⁻¹ czystego składnika), nawozami zielonymi (mieszanka gorczycy z łubinem), biohumusem (mieszanka obornika bydlęcego i innych materiałów organicznych), nawozem Polli-Pam [MARKS 2005; SOBOL 2005a]. Jako kontrolę zastosowano uprawę ziemniaków bez nawożenia.

Wartość skurczu przechowalniczego Δv na określonym etapie przechowywania wyznaczano zależnością (1), a objętość bulw za pomocą wzoru (2).

$$\Delta v = \frac{v_o - v_i}{v_o} \cdot 100 (\%) \quad (1)$$

$$v = \frac{m_p - m_c}{\rho_o} (\text{cm}^3) \quad (2)$$

- Δv – skurcz przechowalniczy (%),
- v_o – objętość bulwy po zbiorze (cm³),
- v_i – objętość bulwy po i-tym okresie przechowywania (cm³),
- v – objętość bulwy (cm³),
- m_p – masa bulwy w powietrzu (g),
- m_c – masa bulwy w cieczy o znanej gęstości (g),
- ρ_o – gęstość cieczy z uwzględnieniem korekty temperaturowej (g·cm⁻³).

W celu stwierdzenia wpływu przyjętych czynników na skurcz przechowalniczy bulw ziemniaka zastosowano analizę wariancji w klasyfikacji wielokrotnej, a dla wyznaczenia grup jednorodnych, spośród testów post-hock, zastosowano wielokrotny test rozstępu Duncana. Zależności skurczu przechowalniczego bulw ziemniaka od długości czasu przechowywania opisano modelami w oparciu o statystyczną metodę estymacji nieliniowej. Do estymacji parametrów tych równań zastosowano algorytm Gaussa-Newtona.

Wyniki i dyskusja

Z przeprowadzonych badań wynika, że na wartość skurczu przechowalniczego istotny wpływ mają wszystkie czynniki przyjęte w doświadczeniu. Spośród wszystkich przyjętych w doświadczeniu czynników, na podstawie wielokrotnego testu rozstępu Duncana wyodrębniono tylko jedną grupę jednorodną wartości skurczu przechowalniczego. Grupę tą tworzą wartości skurczu bulw uzyskane z roślin nawożonych nawozami proekologicznymi, tj. nawozem zielonym, biohumusem i Poli-Pam. Wartość skurczu bulw całej badanej populacji zmienia się od około 3,8% po pierwszym, do około 14% po ósmym miesiącu przechowywania (rys. 1, tab. 2). Przebiegi tych zmian w całej populacji, jak również w poszczególnych kombinacjach czynników doświadczenia wyrażono równaniami nieliniowymi za pomocą estymacji, dla których wartość udziału wariancji wyjaśnionej była wysoka i wynosiła $R^2 = 0,576\text{--}0,898$ (tab. 2). Spośród wielu badanych funkcji naj-

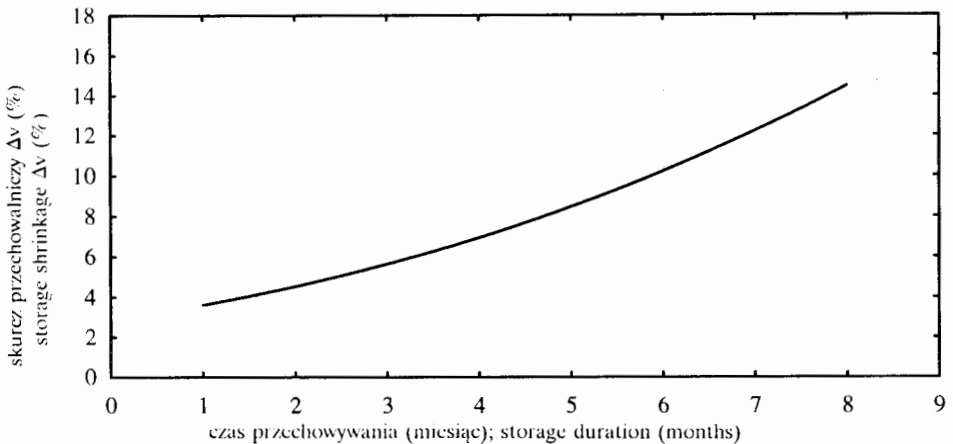
lepsze dopasowanie do wartości rzeczywistych skurczu w czasie długotrwałego przechowywania uzyskano dla funkcji wykładniczej (tab. 2). Wyniki tych badań wskazują również, że o wartości skurczu przechowalniczego w całym okresie przechowywania decydują warunki meteorologiczne panujące podczas wegetacji. Analiza sumy opadów okresów wegetacyjnych wskazuje, że w latach o dostatecznej i zadowalającej ilości opadów (2002 r. – 308 mm, 2001 r. – 560 mm) bulwy ziemniaka prze-

Tabela 1; Tabela 1

Wielokrotny test rozstępu Duncana.
Grupy jednorodne wartości skurczu przechowalniczego bulw ziemniaka Δv (%)
Duncan multiple range test. Uniform groups of storage shrinkage values
of potato tubers Δv (%)

Czynniki Factors	Grupy jednorodne, średnie wartości skurczu przechowalniczego (v_i) - % Homogeneous groups, average values of storage shrinkage (v_i) - %							
Lata badań Years of research	2001/2002 $\Delta v_{11} = 8,16$		Δv_{11} 2002/2003 $\Delta v_{12} = 7,00$		$\Delta v_{13} = 9,61$		2003/2004 $\Delta v_{13} = 9,61$	
Okres przechowywania Storage period	Δv_{p1}	Δv_{p2}	Δv_{p3}	Δv_{p4}	Δv_{p5}	Δv_{p6}	Δv_{p7}	Δv_{p8}
	X $\Delta v_{p1} = 3,07$		XII $\Delta v_{p3} = 5,86$			II $\Delta v_{p5} = 8,68$		
	XI $\Delta v_{p2} = 4,87$		I $\Delta v_{p4} = 7,02$			III $\Delta v_{p6} = 9,99$		
	IV $\Delta v_{p7} = 11,82$				V $\Delta v_{p8} = 14,73$			
Odmiany; Cultivars	Baszta $\Delta v_{o1} = 7,28$		Δv_{o1} Irga $\Delta v_{o2} = 8,35$		Δv_{o2} Salto $\Delta v_{o3} = 9,14$			
Nawożenie Fertilization	Δv_{n1}		Δv_{n5}	Δv_{n4}	Δv_{n3}	Δv_{n2}		
	kontrola; control $\Delta v_{n1} = 7,88$		mineralne; mineral $\Delta v_{n2} = 8,61$			zielony; green $\Delta v_{n3} = 8,33$		
	biohumus; humus $\Delta v_{n4} = 8,23$				Polli-Pam $\Delta v_{n5} = 8,23$			

— grupa jednorodna; uniform group



Rys. 1. Zależność skurczu przechowalniczego bulw ziemniaka od czasu przechowywania

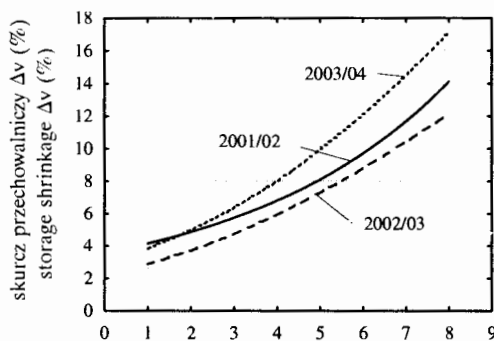
Fig. 1. Dependence of storage shrinkage of potato tubers on the storage duration

Tabela 2; Table 2

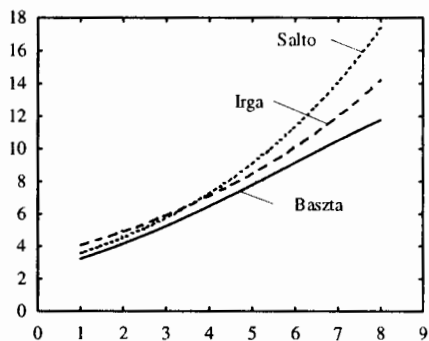
Parametry modelu opisującego zmiany skurczu przechowalniczego Δv (%) w zależności od czasu przechowywania

Parameters of the model describing changes in storage shrinkage Δv (%) depending on the storage period

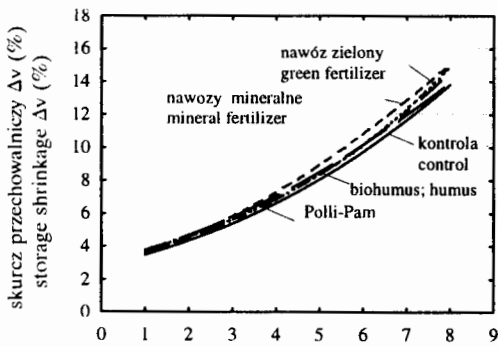
Lp. No.	Czynniki Factors	Funkcja estymowana $y = \exp(ax^2 + bx + c)$ Estimated function $y = \exp(ax^2 + bx + c)$			
		parametry funkcji; function parameters			udział wariancji wyjaśnionej R^2 explained variance share R^2
		a	b	c	
1	Cała populacja Whole population	$-4,780 \cdot 10^{-3}$	$240,90 \cdot 10^{-3}$	1,050	0,705
2	2001/2002	$2,444 \cdot 10^{-3}$	$153,125 \cdot 10^{-3}$	1,268	0,863
3	2002/2003	$-9,220 \cdot 10^{-3}$	$288,818 \cdot 10^{-3}$	0,776	0,687
4	2003/2004	$-8,230 \cdot 10^{-3}$	$287,512 \cdot 10^{-3}$	1,066	0,777
5	Baszta	$-12,020 \cdot 10^{-3}$	$293,736 \cdot 10^{-3}$	0,885	0,794
6	Irga	$-1,860 \cdot 10^{-3}$	$195,736 \cdot 10^{-3}$	1,207	0,576
7	Salto	$-2,690 \cdot 10^{-3}$	$250,528 \cdot 10^{-3}$	1,024	0,898
8	30–40 mm	$-3,930 \cdot 10^{-3}$	$236,223 \cdot 10^{-3}$	1,077	0,690
9	50–60 mm	$-5,700 \cdot 10^{-3}$	$246,132 \cdot 10^{-3}$	1,022	0,736
10	Kontrola; Control	$-4,540 \cdot 10^{-3}$	$238,673 \cdot 10^{-3}$	1,008	0,808
11	Mineralne; Mineral	$-8,570 \cdot 10^{-3}$	$284,366 \cdot 10^{-3}$	0,985	0,674
12	Zielony; Green	$-1,260 \cdot 10^{-3}$	$208,369 \cdot 10^{-3}$	1,115	0,713
13	Biohumus; Humus	$-5,900 \cdot 10^{-3}$	$241,134 \cdot 10^{-3}$	1,084	0,626
14	Polli-Pam	$-3,610 \cdot 10^{-3}$	$231,957 \cdot 10^{-3}$	1,056	0,754



Rys. 2. Zależność skurczu przechowalniczego bulw ziemniaka od czasu przechowywania dla lat badań
Fig. 2. Dependence of the storage shrinkage of potato tubers on storage duration for years of research



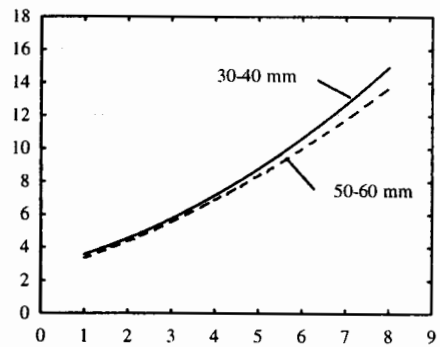
Rys. 3. Zależność skurczu przechowalniczego bulw ziemniaka od czasu przechowywania dla odmian
Fig. 3. Dependence of the storage shrinkage of potato tubers on storage duration for potato cultivars



czas przechowywania (miesiąc); storage duration (month)

Rys. 4. Zależność skurczu przechowalniczego bulw ziemniaka od czasu przechowywania dla stosowanych nawozów

Fig. 4. Dependence of the storage shrinkage of potato tubers on storage duration for the fertilizers used



Rys. 5. Zależność skurczu przechowalniczego bulw ziemniaka od czasu przechowywania dla frakcji wielkościowych

Fig. 5. Dependence of the storage shrinkage of potato tubers on storage duration for size fractions

choowały się lepiej (ograniczona była transpiracja i oddychanie), w wyniku tego bulwy ulegały mniejszym skurczom. W roku 2003, o niedostatecznej ilości opadów (266 mm), przechowywane bulwy traciły więcej wody, a więc skutkowało to znacznie wyższym poziomem i dynamiką zmian skurczu bulw (rys. 2, tab. 1, 2). Równie istotny wpływ na skurcz przechowalniczy bulw miały odmiany ziemniaka. Największym skurczom ulegały bulwy odmiany Salto, a najmniejszym odmiany Baszta (rys. 2, tab. 1). Analizując zmiany skurczu dla poszczególnych odmian, do połowy pełnego okresu przechowywania można stwierdzić, że ich przebiegi są przybliżone, natomiast w późniejszym okresie zaczynają się istotnie zmieniać (rys. 3, tab. 2). Zmiany te w znacznym stopniu uzależnione są od budzenia się funkcji generatywnych bulw po stanie fizjologicznego uśpienia. Z badań prowadzonych przez autora [SOBOL 2005a] na tym samym materiale wynika, że największe straty powodowane kiełkowaniem wystąpiły u odmiany Salto, a najmniejsze u odmiany Baszta. Ponadto okres fizjologicznego uśpienia u odmiany Salto skończył się najwcześniej, a u odmiany Baszta najpóźniej. Zarówno tempo, jak i wielkość wyrastających kiełków na bulwach poszczególnych odmian zdecydowały o intensywności transpiracji z nich wody, a to wpłynęło na wielkość skurczu jakim ulegały bulwy w tym okresie. Różnica w wartości skurczu pod koniec okresu przechowywania (po ośmiu miesiącach) pomiędzy tymi odmianami wyniosła około 5%. Uzyskane wyniki częściowo potwierdzają dane zawarte w charakterystykach badanych odmian. Z katalogu odmian wynika, że bulwy odmiany Baszta, wśród badanych w doświadczeniu odmian, pod względem trwałości przechowalniczej, posiadają najwyższą ocenę, tj. 5 (w dziewięciopunktowej skali, gdzie 1 oznacza najniższą, a 9 najwyższą ocenę), a nieco niższe posiadały bulwy odmian – Irga – 3, Salto – 4 [POLSKI KATALOG ... 1999]. O trwałości przechowalniczej odmian (jako

zespole cech odmianowych) w dużej mierze decyduje intensywność oddychania, transpiracji i kiełkowania bulw. Zmiany te determinują wielkość skurczu, jakim ulegają bulwy poszczególnych odmian. Wyniki tych badań są wysoce zbieżne z wynikami badań dotyczących ubytków naturalnych i strat spowodowanych kiełkowaniem uzyskanych przez autora na tym samym materiale badawczym [SOBOL 2005a, b]. Z badań wynika również, że o wielkości skurczu przechowalniczego decydują frakcje wielkościowe bulw ziemniaka. Bulwy mniejsze ulegają większym skurczom (rys. 5, tab. 2). Zależność ta jest powodowana tym, że bulwy mniejsze to bulwy raczej niedojrzałe technologicznie do zbioru, a więc pokryte perydermą, która nie uległa właściwemu wykształceniu i skorkowaceni. Taki stan skórki bulw wymiarowo mniejszych decyduje, że skórka nie stanowi właściwej (szczelnej) przegrody dla transpiracji wody. Dlatego bulwy mniejsze transpirują więcej wody niż bulwy duże [SOBOL 2005b] i ulegają większym skurczom podczas przechowywania. Zastosowane nawozy, choć w mniejszym stopniu niż pozostałe czynniki, wpływają na wielkość skurczu. Bulwy nawożone nawozami proekologicznymi ulegają mniejszemu skurczowi przechowalniczemu (stanowiąc grupę jednorodną) niż bulwy nawożone mineralnie (rys. 4, tab. 1, 2). Najmniejszemu skurczowi ulegały bulwy z poletka kontrolnego (bez nawożenia). Analizując zależność ubytków naturalnych [SOBOL 2005b] i skurczu przechowalniczego od okresu przechowywania w obrębie wszystkich czynników doświadczenia należy stwierdzić, że uzyskane wartości skurczu przechowalniczego były większe od ubytków naturalnych. Różnice pomiędzy skurczem przechowalniczym a ubytkami naturalnymi systematycznie rosły wraz z okresem przechowywania. Wynika z tego, że bulwy ziemniaka z upływem czasu przechowywania ulegały skurczom przechowalniczym z większą dynamiką, niż traciły masę, a w związku z tym przyrastała ich gęstość. Analiza tej części doświadczenia znalazła potwierdzenie w badaniach dotyczących zmian gęstości bulw ziemniaka w okresie przechowywania, prowadzonych przez autora [SOBOL 2006].

Wnioski

1. Zmiany wartości skurczu przechowalniczego od czasu przechowywania można wyrazić za pomocą równań wykładniczych. Stopień dopasowania tych funkcji do wartości rzeczywistych skurczu dla badanych prób wynosi od 0,576 do 0,898.
2. Na wielkość skurczu wpływa ilość opadów w okresie wegetacji. Po okresie wegetacji o niedostatecznej ilości opadów bulwy ulegają większym skurczom podczas przechowywania niż po okresach o wystarczającej ilości opadów.
3. Bulwy odmian, u których okres naturalnego spoczynku jest krótszy, a intensywność wzrostu kiełków większa, ulegają większym skurczom podczas przechowywania. Z badanych odmian największym skurczom ulegały bulwy odmiany Salto, a najmniejszym odmiany Baszta.
4. Bulwy frakcji wielkościowych mniejszych ulegają większym skurczom przechowalniczym.
5. Nawozy proekologiczne stosowane w uprawie ziemniaka powodują, że

bulwy ulegają mniejszym skurczom podczas przechowywania niż bulwy z upraw nawożonych mineralnie.

Literatura

- CZERKO Z., GASTOŁ J., MANIKOWSKI Z. 1985. *Wpływ dwóch metod zbioru na trwałość przechowalniczą ziemniaków ze szczególnym uwzględnieniem uszkodzeń mechanicznych*. Biul. Inst. Ziem. 33: 129–135.
- LISIŃSKA G. 1994. *Ziemniak jako surowiec dla przemysłu, wymagania w stosunku do surowca*. Post. Nauk Rol. 1: 32–40.
- LISIŃSKA G., RUTKOWSKI A. 1999. *Czipsy ziemniaczane*. Przemysł Spożywczy 1: 42–50.
- MARKS N. 2005. *Możliwość zastosowania integrowanej metody uprawy ziemniaków*. Ziemniak Polski 2: 17–20.
- POLSKI KATALOG ODMIAN ZIEMNIAKA 1999. IHAR, Bonin.
- SOBOL Z. 2005a. *Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka. Cz. 1. Straty spowodowane kielkowaniem*. Inżynieria Rolnicza 10(70): 341–348.
- SOBOL Z. 2005b. *Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka. Cz. 2. Ubytki naturalne*. Inżynieria Rolnicza 10(70): 349–357.
- SOBOL Z. 2006. *Wpływ wybranych czynników na gęstość bulw ziemniaka*. Acta Agrophysica (w druku).
- SOWA-NIEDZIAŁKOWSKA G. 1999. *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”. Radzików, 23–25 II 1999: 96–99.
- SOWA-NIEDZIAŁKOWSKA G. 2000. *Wpływ warunków wzrostu roślin i magazynowania bulw odmian jadalnych ziemniaka na ich trwałość przechowalniczą*. Biuletyn IHAR 213: 225–232.
- SOWA-NIEDZIAŁKOWSKA G. 2003. *Straty przechowalnicze i ich ograniczanie. Ziemniaki, nowe wyzwania*. Agro Serwis, IHAR, Stowarzyszenie Polski Ziemniak, Warszawa: 73–77.

Słowa kluczowe: bulwa ziemniaka, przechowywanie, skurcz przechowalniczy bulw

Streszczenie

Badania obejmowały ocenę skurczu przechowalniczego, jakim ulegają bulwy ziemniaka podczas długotrwałego przechowywania. Z badań wynika, że na wartość skurczu bulw statystycznie istotny wpływ mają: czas przechowywania, warunki meteorologiczne panujące w okresie wegetacji, odmiany ziemniaków, frakcje wielkościowe bulw oraz stosowane nawozy. Zmiany skurczu w czasie przechowywania wyrazić można za pomocą funkcji wykładniczej. Większemu skurczowi ule-

gają bulwy mniejsze, nawożone mineralnie po sezonie wegetacyjnym, w którym wystąpił niedostatek wilgoci, odmian o krótkim okresie spoczynku i intensywnym wzroście kielków.

DETERMINATION OF THE „STORAGE SHRINKAGE” OF POTATO TUBERS

Zygmunt Sobol

Department of Agricultural and Food Technology,
Agricultural University, Kraków

Key words: potato tuber, storage, storage shrinkage of tubers

Summary

The study dealt with the shrinkage of potato tubers during long-term storage. Research results indicate that the period of storage, weather conditions during vegetation, potato cultivar, size fractions of the tubers and applied fertilizers significantly affected the values of shrinkage. Changes of the shrinkage during storage period can be expressed by an exponential function. More intensive shrinkage was observed in smaller tubers, fertilized with mineral fertilizers, after vegetation season insufficiently wet, and of the cultivars characterized by short resting period and intensive sprouting.

Dr inż. **Zygmunt Sobol**
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja
ul. Balicka 104
30-149 KRAKÓW
e-mail: zsobol@ar.krakow.pl