

WPLYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA GĘSTOŚĆ BULW ZIEMNIAKA

Zygmunt Sobol

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

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę zmian gęstości bulw ziemniaka z uwzględnieniem oddziaływania wielu czynników. Badania przeprowadzono według metody, która polegała na ocenie gęstości w odniesieniu do pojedynczych bulw. Badaniami objęto dwie frakcje bulw, trzech odmian ziemniaka, nawożonych nawozami mineralnymi i proekologicznymi. Pomiary prowadzono przez okres ośmiu miesięcy, w odstępach jednomiesięcznych. Badania wykonano w latach 2001-2004. Z badań wynika, że na wartość gęstości statystycznie istotny wpływ miały wszystkie przyjęte czynniki w doświadczeniu. Większą gęstość posiadały bulwy mniejsze, po okresie wegetacji o niedostatecznej ilości opadów, nawożone nawozami mineralnymi. Podczas długotrwałego przechowywania gęstość bulw wzrastała, a przebieg tych zmian wyrażono równaniami wielomianów drugiego stopnia.

Słowa kluczowe: bulwa ziemniaka, gęstość, przechowywanie, nawożenie, frakcje wymiarowe bulw

WSTĘP

Gęstość bulw ziemniaka w wielu pozycjach literatury naukowej podawana jest jako wartość średnia w odniesieniu do całej populacji (bez uwzględnienia czynników kształtujących jej wartość) lub jako zakres wartości w obrębie oddziaływania niektórych grup czynników. Właściwość ta jest podstawową cechą rozdzielczą wykorzystywaną w separatorach stosowanych w maszynach do zmechanizowanego zbioru i obróbki pozbiorowej bulw ziemniaka [4]. Z literatury wynika również, że gęstość bulw ziemniaka ma wpływ na wydajność chipsów i zawartość oleju w chipsach oraz frytkach, a to z kolei decyduje o efektywności przetwórstwa ziemniaków i jakości produktów [2,6,7]. Analizując wymagania stawiane bulwom ziemniaka przeznaczonym na wyroby uszlachetnione, należy stwierdzić, że szczególnej wagi nabiera poznanie dynamiki zmian gęstości bulw podczas długotrwałego przechowywania. Zmiana gęstości podczas przechowywania wynika z ubytków naturalnych jakim ulegają bulwy ziemniaka. Na wielkość ubytk-

ków naturalnych ma wpływ wiele czynników, z których najważniejsze to: cechy genetyczne odmian a wśród nich budowa anatomiczna perydermy; czynniki agrotechniczne, z których najważniejsze to rodzaj gleby, warunki meteorologiczne w okresie wegetacji, dawka i rodzaj nawozu, zabiegi pielęgnacyjne, sposób i warunki zbioru. Równie istotnymi czynnikami w odniesieniu do gęstości bulw są warunki termiczne i wilgotnościowe oraz miejsce i okres przechowywania [1,8, 12,14,15]. Przy obecnie stosowanej technice pomiarów, gęstość może być precyzyjnie określana w krótkim czasie. Chcąc szerzej poznać i praktycznie wykorzystać tę właściwość bulw ziemniaka (do separacji bulw: o mniejszej gęstości niż wymagana, brunatnej pustowatości serc; określenia granicznego czasu przechowywania w odniesieniu do odmian, warunków meteorologicznych panujących w okresie wegetacji; doboru odmian dla różnych kierunków użytkowania), należy dokładnie przeanalizować jej zmiany, które wynikają z oddziaływania wielu czynników.

Celem badań było określenie wpływu czasu przechowywania, odmian, wielkości bulw i rodzaju nawozu na gęstość bulw ziemniaka. Badania prowadzono przez trzy lata w celu określenia zakresu zmienności gęstości.

MATERIAŁ I METODY

Do badań przyjęto trzy odmiany ziemniaka tj.: Baszta, Irga i Salto. W obrębie każdej odmiany badano dwie frakcje wielkościowe 30-40 mm i 50-60 mm. Badania wykonano w latach 2001-2004. Bulwy ziemniaka pochodziły z upraw nawożonych zgodnie z zasadami rolnictwa tradycyjnego i integrowanego [5]. Ziemniaki uprawiano na glebie bielicowej (piasek gliniasty lekki). Wykonano nawożenie nawozami mineralnymi (NPK w dawce 90:90:135 kg·ha⁻¹ czystego składnika, wiosną) i zielonymi (mieszanka gorczycy z łubinem – plon 40 t·ha⁻¹ zielonej masy, przyorano jesienią), stosując je powierzchniowo. Zastosowano również nawożenie rzędowe: biohumusem (mieszanka obornika bydlęcego i innych materiałów organicznych przetworzonych przez dżdżownice kalifornijskie, 8000 l·ha⁻¹) i Polli-Pamem (granulat, powstały na bazie kurzych odchodów, metodą termicznej fermentacji bakteryjnej, 2000 l·ha⁻¹). Próbę kontrolną stanowiły ziemniaki uprawiane na poletkach bez nawożenia. Do badań wybrano bulwy nie porażone chorobami i nie uszkodzone mechanicznie. Każdą bulwę oznaczono i przechowywano na ażurowym podłożu w pojedynczych warstwach. Taki sposób przechowywania zapewniał jednolite warunki wymiany ciepła i masy bulw z otoczeniem [10]. Bulwy przechowywano w chłodni wyposażonej w automatyczny układ sterowania temperaturą. Zastosowano zalecane warunki przechowywania dla ziemniaków jadalnych (temperatura 4-6°C, wilgotność względna powietrza ok. 90%) [13]. Okres przechowywania wynosił osiem miesięcy, a badania przeprowadzono w odstępach jednomiesięcznych. W celu wyznaczenia gęstości określano masy

i objętości bulw za pomocą elektronicznej wagi laboratoryjnej WPS 510/C/1. Objętość wyznaczono poprzez określenie masy bulwy w powietrzu i w cieczy o znanej gęstości (woda destylowana). Pomiar prowadzono z dokładnością do 0,001 g. Podczas pomiaru monitorowano temperaturę cieczy. Pomiar gęstości bulw ziemniaka dla każdej kombinacji doświadczenia wykonano w pięciu powtórzeniach.

Gęstość bulw ziemniaka wyliczano według wzoru:

$$\rho_b = \frac{m_p}{m_p - m_c} \cdot \rho_c \text{ (g}\cdot\text{cm}^{-3}\text{)} \quad (1)$$

gdzie: ρ_b – gęstość bulwy ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), m_p – masa bulwy w powietrzu (g), m_c – masa bulwy w cieczy (g), ρ_c – gęstość cieczy z uwzględnieniem jej temperatury ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$).

W celu stwierdzenia wpływu przyjętych czynników na gęstość bulw ziemniaka zastosowano analizę wariancji w klasyfikacji wielokrotnej, a dla wyznaczenia grup jednorodnych, z pośród testów post-hock zastosowano wielokrotny test rozstępu Duncana. Zależności gęstości bulw ziemniaka od długości czasu przechowywania, wyrażono równaniami nieliniowymi przy pomocy estymacji, metodą najmniejszych kwadratów. Do estymacji parametrów tych równań zastosowano algorytm Gaussa-Newtona.

WYNIKI I DYSKUSJA

Z badań wielu autorów wynika, że na wydajność produktów suszonych i smażonych z bulw ziemniaka, duży wpływ ma zawartość w nich suchej masy lub gęstość bulw. Wraz ze wzrostem suchej masy (gęstości) bulw, zmniejsza się zapotrzebowanie na energię do odparowania wody przy produkcji granulatu, kostki i płatków ziemniaczanych, a także przy smażeniu chipsów i frytek [2,3]. Według Lisińskiej [2], o jakości frytek w znacznym stopniu decyduje zawartość w nich tłuszczu. Zbyt wysoka zawartość tłuszczu we frytkach podraża koszty oraz sprawia, że są one oleiste w smaku, natomiast zbyt niska, powoduje, że frytki nie mają odpowiedniego smaku i zapachu, charakterystycznego dla produktów smażonych. Frytki dobrej jakości po ich całkowitym usmażeniu powinny zawierać 7-10% tłuszczu. Z badań wynika również, że na chłonność oleju przez frytki podstawowy wpływ ma gęstość bulw ziemniaka. Wraz ze wzrostem gęstości zmniejsza się zawartość tłuszczu we frytkach [2]. Gęstość bulw ziemniaka wpływa również na parametry ilościowe i jakościowe chipsów. Wielu autorów twierdzi, że wymagania stawiane bulwom (dotyczy również gęstości) przeznaczonym do produkcji chipsów są bardziej rygorystyczne niż przy innych kierunkach zagospodarowania ziemniaków. Dobrej jakości chipsy oprócz wielu cech, takich jak: wysoka zawartość witaminy C, właściwa barwa, konsystencja, tekstura, trwałość oraz

smak, charakteryzują się zawartością tłuszczu w granicach 33-40% [2]. Jak przedstawiają Lisińska [2] i Nowotny [9], zawartość tłuszczu w chipsach zmienia się od 31,3% dla gęstości $1,095 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ do 45,3% dla gęstości $1,06 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, natomiast wydajność chipsów, w tym samym przedziale gęstości, zmienia się od 31% do 24,5%. Z przedstawionych zależności wynika, że każdy wzrost gęstości bulw o $0,005 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ powoduje zmniejszenie zawartości tłuszczu w chipsach o około 2% i zwiększenie wydajności o około 1%. Chipsy produkowane z bulw o zbyt dużej gęstości mogą mieć zbyt twardą konsystencję, a wytwarzane z bulw o małej gęstości mogą zawierać zbyt dużo tłuszczu i charakteryzować się „mazistą, mało chrupką konsystencją” [3].

Z badań własnych wynika, że na wartość gęstości bulw ziemniaka statystycznie istotny wpływ mają wszystkie czynniki doświadczenia tj. lata badań, czas przechowywania, odmiany, wielkość bulw oraz rodzaje nawozów (tab. 1).

Przebieg zmian gęstości podczas długotrwałego przechowywania, z uwzględnieniem pozostałych czynników przedstawia tabela 2 oraz rysunki 1-3. Z badań wynika również, że gęstość zmienia się istotnie, tzn. wzrasta podczas ośmiomiesięcznego okresu przechowywania. Wzrost gęstości w okresie przechowywania powodowany jest występowaniem ubytków naturalnych w bulwach ziemniaka. Pomimo tego, że podczas oddychania bulw w okresie przechowywania następuje rozkład węglowodanów, to jednak większe wydzielanie wody do otoczenia poprzez skórę i kielki powodują zwiększenie stężenia składników suchej masy, czyli wzrost gęstości. Wyniki badań prowadzonych przez autora w tym zakresie pokrywają się z badaniami Mozolewskiego [6,7] dotyczącymi zmian zawartości skrobi określanej w świeżej masie bulw w trakcie 6-cio miesięcznego przechowywania.

Wielokrotny test rozstępu Duncana wykazał, że średnia wartość gęstości bulw w poszczególnych latach badań różniła się istotnie (tab. 1). Wprawdzie różnice w gęstości bulw uprawianych w różnych latach badań są statystycznie istotne, to z praktycznego punktu widzenia [2,9], istotne różnice (około $0,005 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) występują pomiędzy bulwami uzyskanymi z upraw w roku 2003, a pozostałymi latami. W roku 2003 suma opadów wynosiła 266 mm, czyli wystąpił niedobór opadów w całym okresie wegetacji. Szczególnie suchy w tym roku okazał się końcowy etap wegetacji, bo od początku sierpnia do końca drugiej dekady września (okres zbioru) suma opadów, wyniosła tylko 32 mm. W pozostałych latach badań sumy opadów w okresach wegetacji były wyższe i wynosiła odpowiednio: w 2001 r. – 560 mm, w 2002 r. – 308 mm. Z dynamiki zmian gęstości bulw w badanych okresach przechowalniczych (tab. 2, rys. 1) wnioskować można, że decydujący wpływ na badaną właściwość miał przebieg warunków meteorologicznych w okresie wegetacyjnym. Najwyższą dynamikę zmian gęstości odnotowano w okresie przechowalniczym 2003/04 (tab. 2, rys. 1), po okresie wegetacji, w którym wystąpił niedobór wilgoci. Z badań prowadzonych przez autora na tym samym materiale wynika, że największe ubytki naturalne wystąpiły w tym samym sezonie przechowalniczym tj. 2003/04 [11].

Przeprowadzone badania potwierdzają również istotny wpływ odmiany na wartość gęstości bulw ziemniaka (tab. 1). Istotnie większą gęstość posiadały bulwy odmian Baszta i Salto (odpowiednio $1,094 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ i $1,092 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) w porównaniu z bulwami odmiany Irga ($1,078 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Gęstość bulw wzrasta w okresie przechowywania z różną intensywnością i zależy od cech genetycznych badanych odmian (tab. 2, rys. 2). Wyższą dynamikę zmian gęstości w okresie przechowywania posiadały bulwy odmiany Salto, natomiast niższą pozostałe odmiany. Reakcja odmian przy badaniu gęstości była podobna jak przy określaniu ubytków naturalnych[11].

Mniejszy wpływ, choć statystycznie istotny miał rodzaj zastosowanego nawozu. Zastosowany wielokrotny test rozstępu Duncana wyznaczył dwie grupy jednorodne wartości gęstości bulw w odniesieniu do zastosowanych nawozów. Do jednej grupy zakwalifikowane zostały bulwy o gęstości $1,088 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ pochodzące z poletek nawożonych nawozami Polli-Pam i biohumus oraz bulwy z poletka kontrolnego. Drugą grupę jednorodną stanowiły próby z poletka kontrolnego i z poletek gdzie stosowano nawozy mineralne (odpowiednio $1,088 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $1,089 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$).

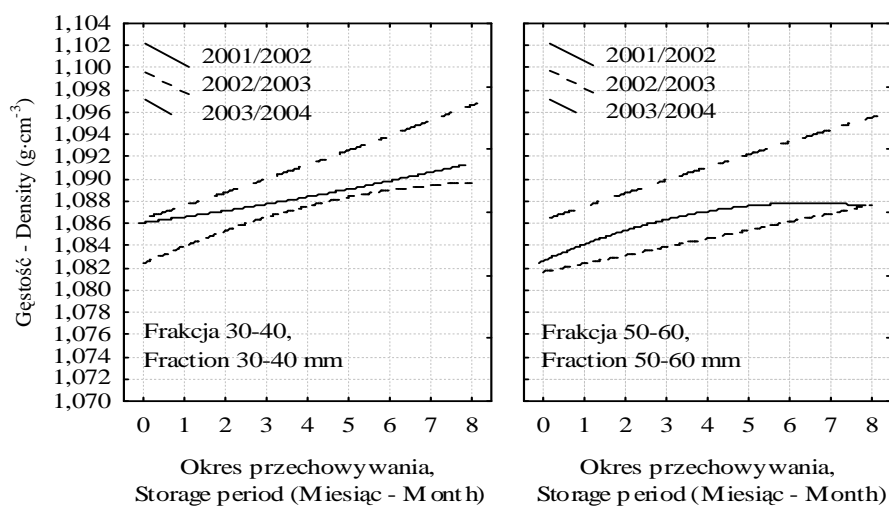
Tabela 1. Wielokrotny test rozstępu Duncana. Grupy jednorodne gęstości bulw ziemniaka
Table 1. Duncan's multiple range test. Potato tuber density homogeneous groups

Czynniki Elements	Grupy jednorodne Średnia wartość gęstości bulw ziemniaka ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) Homogeneous groups Average potato tuber density value								
	2001r. $x_{11} = 1,087$			2002r. $x_{12} = 1,086$			2003r. $x_{13} = 1,091$		
Lata badań, Years of researches	x_{p1}	x_{p2}	$\underline{x_{p3}}$	$\underline{x_{p4}}$	$\underline{x_{p5}}$	x_{p6}	x_{p7}	x_{p8}	x_{p9}
	x_{p1}	x_{p2}	x_{p3}	x_{p4}	$\underline{x_{p5}}$	$\underline{x_{p6}}$	x_{p7}	x_{p8}	x_{p9}
Okres przechowywania, Storage period	x_{p1}	x_{p2}	x_{p3}	x_{p4}	x_{p5}	x_{p6}	$\underline{x_{p7}}$	$\underline{x_{p8}}$	x_{p9}
	Wrzesień, September $x_{p1} = 1,084$			Grudzień, December $x_{p4} = 1,087$			Marzec, March $x_{p7} = 1,090$		
	Październik, October $x_{p2} = 1,085$			Styczeń, January $x_{p5} = 1,088$			Kwiecień, April $x_{p8} = 1,090$		
	Listopad, November $x_{p3} = 1,087$			Luty, February $x_{p6} = 1,089$			Maj, May $x_{p9} = 1,092$		
Odmiana, Variety	Baszta $x_{o1} = 1,094$			Irga $x_{o2} = 1,078$			Salto $x_{o3} = 1,092$		
		x_{n3}	$\underline{x_{n5}}$	$\underline{x_{n4}}$	$\underline{x_{n1}}$	x_{n2}			
Nawożenie, Fertilization	Kontrola, Control $x_{n1} = 1,088$			Mineralne, Mineral $x_{n2} = 1,089$			Zielony, Green $x_{n3} = 1,087$		
	Biohumus, Humus $x_{n4} = 1,088$			Polli-Pam $x_{n5} = 1,088$					

grupa jednorodna – homogeneous group.

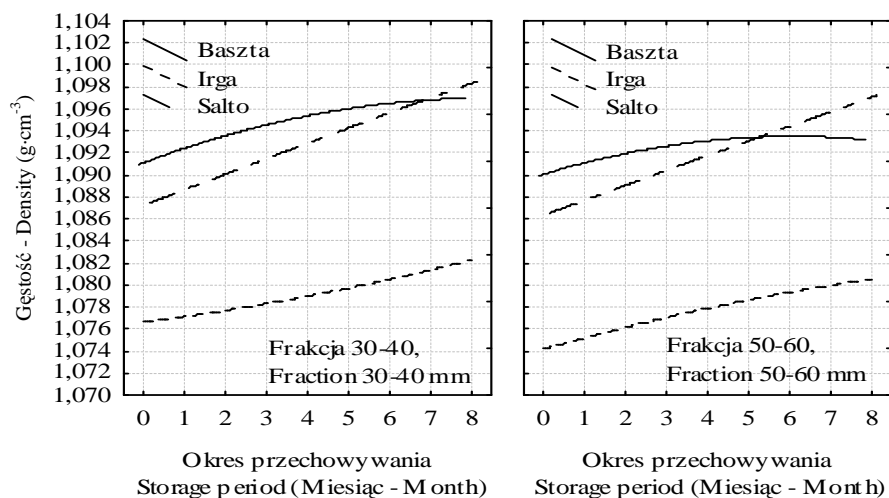
Tabela 2. Zależność gęstości bulw ziemniaka od długości okresu przechowywania
Table 2. Potato tuber density dependence on storage period length

Lp	Czynniki Elements	Funkcja estymowana – Estimated function $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$			Udział wa- riancji wyja- śnionej Explained variance share
		Parametry funkcji – Function parameters			
		a	b	c	
1	2001/02 r., 30-40 mm	$0,225 \cdot 10^{-4}$	$0,480 \cdot 10^{-3}$	1,086	0,673
2	2001/02 r., 50-60 mm	$-0,120 \cdot 10^{-3}$	$0,164 \cdot 10^{-2}$	1,082	0,829
3	2002/03 r., 30-40 mm	$-0,960 \cdot 10^{-4}$	$0,167 \cdot 10^{-2}$	1,082	0,904
4	2002/03 r., 50-60 mm	$0,757 \cdot 10^{-6}$	$0,744 \cdot 10^{-3}$	1,082	0,816
5	2003/04 r., 30-40 mm	$0,150 \cdot 10^{-4}$	$0,115 \cdot 10^{-2}$	1,087	0,949
6	2003/04 r., 50-60 mm	$-0,800 \cdot 10^{-5}$	$0,121 \cdot 10^{-2}$	1,086	0,957
7	Baszta , 30-40 mm	$-0,810 \cdot 10^{-4}$	$0,141 \cdot 10^{-2}$	1,091	0,798
8	Baszta , 50-60 mm	$-0,930 \cdot 10^{-4}$	$0,116 \cdot 10^{-2}$	1,089	0,789
9	Irga, 30-40 mm	$0,292 \cdot 10^{-4}$	$0,471 \cdot 10^{-3}$	1,077	0,798
10	Irga, 50-40 mm	$-0,330 \cdot 10^{-4}$	$0,106 \cdot 10^{-2}$	1,074	0,894
11	Salto, 30-40 mm	$-0,600 \cdot 10^{-5}$	$0,143 \cdot 10^{-2}$	1,087	0,934
12	Salto, 50-60 mm	$-0,450 \cdot 10^{-5}$	$0,137 \cdot 10^{-2}$	1,086	0,948
13	kontrola, 30-40 mm	$-0,480 \cdot 10^{-4}$	$0,137 \cdot 10^{-2}$	1,086	0,933
14	kontrola, 50-60 mm	$0,115 \cdot 10^{-4}$	$0,515 \cdot 10^{-3}$	1,085	0,764
15	mineralne, 30-40 mm	$-0,610 \cdot 10^{-4}$	$0,170 \cdot 10^{-2}$	1,084	0,840
16	mineralne, 50-60 mm	$-0,710 \cdot 10^{-4}$	$0,161 \cdot 10^{-2}$	1,084	0,901
17	zielony, 30-40 mm	$0,574 \cdot 10^{-4}$	$0,239 \cdot 10^{-3}$	1,085	0,798
18	zielony, 50-60 mm	$-0,600 \cdot 10^{-4}$	$0,139 \cdot 10^{-2}$	1,082	0,847
19	biohumus, 30-40 mm	$0,160 \cdot 10^{-5}$	$0,856 \cdot 10^{-3}$	1,086	0,843
20	biohumus, 50-60 mm	$-0,270 \cdot 10^{-5}$	$0,989 \cdot 10^{-3}$	1,083	0,981
21	Polli-Pam, 30-40 mm	$-0,440 \cdot 10^{-4}$	$0,135 \cdot 10^{-2}$	1,084	0,840
22	Polli-Pam, 50-60 mm	$-0,930 \cdot 10^{-4}$	$0,148 \cdot 10^{-2}$	1,083	0,769



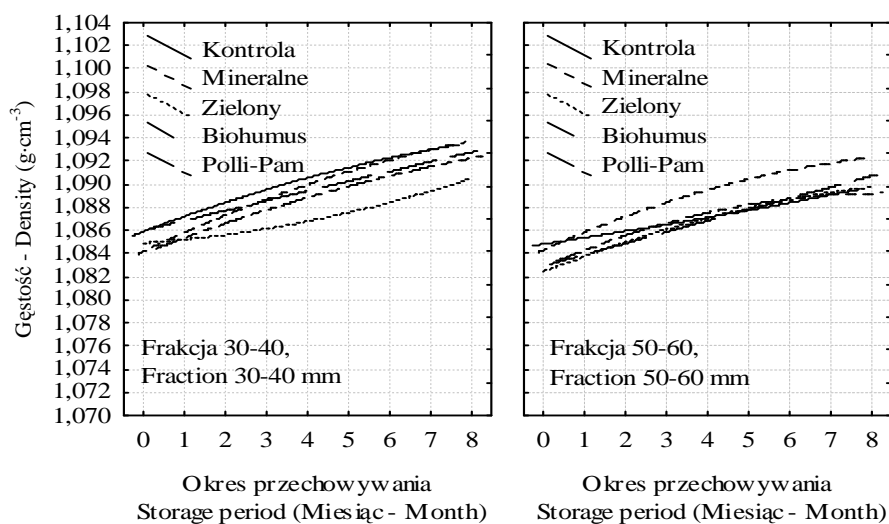
Rys. 1. Zależność gęstości bulw ziemniaka od okresu przechowywania w latach prowadzonych badań, dla frakcji sadzeniakowej (po lewej) oraz frakcji wykorzystywanej w przemyśle spożywczym i do bezpośredniej konsumpcji (po prawej)

Fig. 1. Storage period length impact on potato tuber density in the test years for seed-potato fraction (left) and for fraction used in food industry and for direct consumption (right)



Rys. 2. Zależność gęstości bulw ziemniaka od okresu przechowywania badanych odmian, dla frakcji sadzeniakowej (po lewej) oraz frakcji wykorzystywanej w przemyśle spożywczym i do bezpośredniej konsumpcji (po prawej)

Fig. 2. Storage period length impact on tested potato tuber varieties density for seed-potato fraction (left) and for fraction used in food industry and for direct consumption (right)



Rys. 3. Zależność gęstości bulw ziemniaka od okresu przechowywania przy stosowanym nawożeniu, dla frakcji sadzeniakowej (po lewej) oraz frakcji wykorzystywanej w przemyśle spożywczym i do bezpośredniej konsumpcji (po prawej)

Fig. 3. Storage period length impact on potato tuber density with fertilization applied for seed-potato fraction (left) and for fraction used in food industry and for direct consumption (right)

Na gęstość bulw ziemniaka istotny wpływ miała ich wielkość. Mniejszą gęstość posiadały bulwy większe, frakcji 50-60 mm (tab. 2, rys. 1-3). Zależność ta może wynikać z większego udziału pustych przestrzeni międzykomórkowych oraz większych komórek peridermy w masie bulw dużych (starszych), odwrotnie niż w bulwach mniejszych (młodszych). Poza tym cieńsza skórka, niedostatecznie związana z miąższem w bulwach mniejszych stanowiła słabszą przegrodę dla transpiracji wody do otoczenia w długotrwałym okresie przechowywania, a to w efekcie powodowało większe ubytki naturalne [11] oraz wzrost gęstości.

Zależność gęstości bulw ziemniaka od długości okresu przechowywania wyrażono równaniami wielomianów drugiego stopnia (tab. 2). Najlepsze dopasowanie modelu do wartości rzeczywistych uzyskano dla bulw pochodzących z upraw nawożonych biohumusem, frakcji wymiarowej większej, dla którego udział wariancji wyjaśnionej wyniósł 0,981. Najgorsze dopasowanie uzyskano dla zależności opisującej przebieg zmian gęstości bulw w okresie przechowywania sezonu przechowalniczego 2001/02 (po okresie wegetacji o najwyższej sumie opadów), frakcji wymiarowej mniejszej ($R^2 = 0,673$). Wśród sezonów przechowalniczych, najlepsze dopasowanie przebiegu zmian gęstości bulw, posiadał model dla sezonu 2003/04 (po okresie wegetacyjnym z niedostatkiem opadów), frakcji 50-60 mm ($R^2 = 0,957$), a wśród odmian najwierniejszy przebieg modelu wyznaczono dla odmiany Salto,

frakcji 50-60 mm ($R^2 = 0,948$). Najgorzej dopasowanym modelem dla odmian okazał się model opisujący przebieg zmian gęstości u odmiany Baszta, frakcji 50-60 mm ($R^2 = 0,789$), a dla rodzaju nawozów, w obrębie próby kontrolnej, frakcji 50-60 mm ($R^2 = 0,764$) (tab. 2).

WNIOSKI

1. Gęstość bulw ziemniaka zależy od warunków meteorologicznych w okresie wegetacji i przyjmuje większe wartości w latach o niedostatecznej ilości opadów.
2. W czasie okresu przechowywania gęstość bulw ziemniaka rośnie. Zależność gęstości od czasu przechowywania wyrażono równaniami wielomianów drugiego stopnia, dla których udziały wariancji wyjaśnionych zawierały się od 0,673 do 0,981.
3. Bulwy frakcji mniejszej posiadają większą gęstość.
4. Większą gęstość posiadają bulwy pochodzące z poletek gdzie stosowano nawożenie mineralne w porównaniu z bulwami pochodzącymi z poletek nawożonych nawozami proekologicznymi. Zależność ta zachodzi szczególnie wyraźnie w latach suchych.
5. Potwierdzona została zależność gęstości bulw ziemniaka od odmiany.

PIŚMIENNICTWO

1. **Jakunczun H., Zgórska K., Zimnoch-Guzowska E.:** An investigation of level of reducing in diploid potatoes before and after cold storage. *Potato. Res.*, 38, 331-338, 1995.
2. **Lisińska G.:** Ziemniak jako surowiec dla przemysłu. *Post. Nauk Roln.*, 1, 32-39, 1994.
3. **Lisińska G., Rutkowski W.:** Czipsy ziemniaczane. *Przem. Spoż.*, 1, 42-44, 1999.
4. **Marks N.:** Maszyny rolnicze Część II. Maszyny do zbioru ziemniaków. Wydawnictwo AR w Krakowie, 2004.
5. **Marks N.:** Możliwość zastosowania integrowanej metody uprawy ziemniaków. *Ziemniak Polski*, 2, 17-20, 2005.
6. **Mozolewski W.:** Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa w zależności od czasu przechowywania. Konferencja Naukowa. Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość. Radzików, 89-91, 1999.
7. **Mozolewski W.:** Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa w zależności od czasu przechowywania. Cz. I. Wpływ czasu przechowywania ziemniaków na przydatność do wyrobu chipsów. *Biuletyn IHiAR*, 213, 261-266, 2000.
8. **Pękala A.:** Wpływ czynników uprawowych i warunków przechowywania ziemniaka na skład chemiczny bulw i jakość otrzymanych z nich chipsów. Cz. I. Wpływ nawożenia azotem i nawadniania na skład chemiczny bulw i jakość otrzymanych z nich chipsów. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Ser. T. Ż.* 215, 11-25, 1991.
9. **Praca zbiorowa pod red. Nowotnego F.:** Technologia przetwórstwa ziemniaczanego. WNT, Warszawa, 1972.

10. **Sobol Z.:** Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka cz.1. Straty spowodowane kiełkowaniem. *Inżynieria Rolnicza* 10, (70), 341-348, 2005.
11. **Sobol Z.:** Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka cz.2. Ubytki naturalne. *Inżynieria Rolnicza*, 10 (70), 349-357, 2005.
12. **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. Radzików: 96-98, 1999.
13. **Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A.:** Odmiany ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. *Ziemniak Polski*, 2, 16-21, 1991.
14. **Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A.:** Wpływ warunków klimatycznych podczas wegetacji oraz przechowywania na jakość ziemniaków przeznaczonych na produkty spożywcze. *Mat. Konf. Nauk., Bonin*, 44-48, 1996.
15. **Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A.:** Wpływ warunków przechowywania na cechy jakości ziemniaków przeznaczonych na różna kierunki użytkowania. *Mat. Konf. Nauk., Jadwisin*, 1-9, 1997.

THE EFFECT OF SELECTED FACTORS ON POTATO TUBER DENSITY

Zygmunt Sobol

Department of Agricultural and Food Technology , Agricultural University
ul. Balicka 104, 430-149 Kraków
e-mail: zsobol@ar.krakow.pl

Abstract. The work presents an analysis of potato tuber density change taking into account the impact of many factors. The tests were performed using a method involving density assessment with reference to single tubers. The examination covered two tuber fractions, three potato varieties, fertilised with mineral and pro-ecological fertilizers. The measurements were taken for eight months, in one-month intervals. The tests were carried out between 2001 and 2004. The results prove that all the factors assumed in the experiment had statistically significant effect on the density value. Higher density was discovered in smaller tubers, after vegetation in insufficient rainwater amount conditions, fertilised with mineral fertilizers. Tuber density was increasing during extended storage periods, and the course of these changes was expressed with second degree polynomial equations.

Key words: potato tuber, density, storage, fertilization, fraction