

## **STANOWISKO DO BADANIA USZKODZEŃ MECHANICZNYCH ROŚLIN KORZENIOWYCH I OKOPOWYCH**

Olga Duber-Skwarska<sup>1</sup>, Eugeniusz Górka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

<sup>2</sup>Urząd Gminy Stawiguda

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono koncepcję stanowiska do pomiaru dynamicznych uszkodzeń płodów roślin korzeniowych i okopowych. Dla wykonanego modelu laboratoryjnego opracowano metodę pomiaru uszkodzeń próbek przygotowanych z roślin korzeniowych lub okopowych. Przeprowadzono badania weryfikujące stanowisko laboratoryjne na próbkach ziemniaków odmiany Asterix. Przedstawiono wyniki badań wstępnego wpływu czasu przechowywania ziemniaków na przeciętne wartości odporności na zginanie oraz wytrzymałości na ścinanie. Znajomość wartości tych cech, oraz ich zmienności w czasie przechowywania roślin korzeniowych i okopowych jest niezbędna do optymalizowania procesów technologicznych w przemyśle spożywczym np. podczas produkcji frytek i chipsów, mrożonek warzywnych i in.

**Słowa kluczowe:** stanowisko pomiarowe, rośliny korzenne i okopowe

### **WPROWADZENIE**

Do roślin okopowych i korzeniowych zaliczane są wszystkie rośliny, które w okresie wegetacji wymagają kilkakrotnego obsypywania lub okopywania. Do tych roślin należą ziemniaki, słonecznik bulwiasty, burak, brukiew, cykoria, marchew, pietruszka. W trakcie procesów technologicznych bulwy i korzeni tych roślin narażone są na uszkodzenia mechaniczne, takie jak obicia, otarcia, przecięcia, które w zdecydowanej większości przypadków są efektem obciążeń dynamicznych [Bzowska-Bakalarz 1994; Marks i in. 1997; Stropek i in. 2009]. Ziemniaki w zdecydowanej większości są przeznaczone do bezpośredniej konsumpcji. Wykorzystywane jako surowiec dla przemysłu przetwórczego muszą spełniać określone wymagania szczególnie dla takich produktów, jak frytki, chipsy czy też płatki. Wymagania te dotyczą uszkodzeń, skaz, wyglądu ze-

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: Olga Duber-Skwarska, Katedra Maszyn Roboczych i Metodologii Badań, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, 10-719 Olsztyn ul. M. Oczapowskiego 11; Eugeniusz Górka, Urząd Gminy Stawiguda, ul. Olsztyńska 10, 11-034 Stawiguda

wnętrznego szczególnie wielkości, koloru, regularności kształtu bulw, które zależne są od przeznaczenia produktu oraz cech wewnętrznych, takich jak zawartości tłuszczu i suchej masy. Właściwości mechaniczne bulwy ziemniaka oraz innych roślin okopowych zależne są od turgoru. Przekroczenie dopuszczalnego poziomu obciążenia skutkuje uszkodzeniami, wywołującymi straty spowodowane obniżeniem jakości surowca [Blahovec 2001].

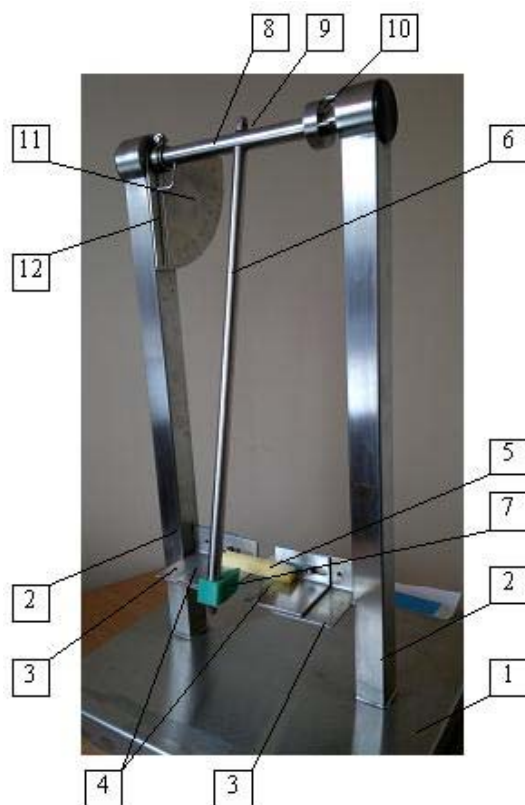
Badania laboratoryjne i polowe mechanicznych uszkodzeń płodów rolnych prowadzone są już od wielu lat. Stosowane dotychczas techniki i urządzenia w badaniach dotyczących uszkodzeń mechanicznych w warunkach laboratoryjnych i polowych zostały opisane w licznych pracach [Bohdziewicz i Czachor 2010; Ciupak i Gładyszewska 2010; Czerko i Nowacki 2005; Krzysztofik 2001; Stropek i in. 2009; Sobol 2002]. Baranowski i in. [2005] opisuje metodę badań uszkodzeń mechanicznych z wykorzystaniem termografii. Gołacki i Rowiński [2006] wyszczególniają grupy metod badawczych ze względu na rodzaj i sposób zadawania obciążenia dynamicznego na badane płody rolne. W metodach badawczych najczęściej wykorzystywanym sposobem zadawania obciążenia jest swobodny spadek płodów rolnych lub metody polegające na uderzeniu z góry lub z boku stalowym trzpieniem, lub wahadłem w nieruchomo ustawiony, podparty obiekt badawczy, lub uderzenie kilku takich samych obiektów o siebie. W metodach tych płody rolne w całości poddawane są obciążeniom dynamicznym. Metody te przydatne są do określania jędrności, stopnia dojrzałości i przydatności konsumpcyjnej, a wyniki badań znajdują zastosowanie w projektowaniu maszyn do ich pozbiorowej obróbki. Proces produkcyjny frytek i chipsów składa się z wielu etapów (dobór surowca, wstępne mycie i obieranie, krojenie, eliminacja ścinek i frytek z plamkami, blanszowanie i suszenie, podsmażanie wstępne, chłodzenie i zamrażanie oraz pakowanie), w których stosowane są różne maszyny i urządzenia, na których bulwy ziemniaka poddane są działaniu sił mechanicznych, czego efektem są uszkodzenia zewnętrzne i wewnętrzne. W literaturze brakuje dostępnych opracowań dotyczących badań uszkodzeń mechanicznych ciętych plastrów lub słupków ziemniaków i innych roślin okopowych. W przetwórstwie ziemniaka dla produktu końcowego (frytek) stawiane są określone wymagania, takie jak: zdrowotność oraz cechy decydujące o uznaniu konsumentów dla produktu, a więc m.in. wygląd, tekstura i smak. Na wygląd składa się kolor, wielkość i długość frytek oraz wyrównana powierzchnia i występujące defekty. Znajomość wartości dynamicznych uszkodzeń mechanicznych wyciętego słupka ziemniaka jest niezbędna nie tylko do ograniczania ich uszkodzeń, które powstają na etapie krojenia, blanszowania i suszenia, ale również do sterowania i optymalizowania procesów technologicznych przetwórstwa roślin okopowych. W związku z powyższym celem pracy było opracowanie koncepcji i wykonanie stanowiska do pomiaru dynamicznych mechanicznych uszkodzeń podłużnych słupków i plastrów roślin okopowych i korzeniowych.

## MATERIAŁY I METODA

**Założenia konstrukcyjne stanowiska.** Koncepcja proponowanego stanowiska badawczego oparta jest na bazie młota typu Charpy stosowanego do przeprowadzenia próby ścinania wyrobów stalowych. Stanowisko do badania próbek wyciętych słupków

lub plastrów roślin okopowych powinno być proste w obsłudze, pozwalać na badanie próbek swobodnie ułożonych na podporach oraz być bezpieczne podczas przeprowadzenia prób. Ponadto końcówka wahadła powinna być wymienna, wykonana z różnych materiałów (metal, tworzywo sztuczne) i o różnych kształtach. Stanowisko powinno umożliwiać przeprowadzenie próby udarowości, dwuciętej próby ścinania oraz dynamicznych prób mechanicznych uszkodzeń roślin okopowych przez bijaki o różnym kształcie i z różną energią uderzenia, a także powinno umożliwiać określenie energii oddziaływania bijaka na badaną próbkę.

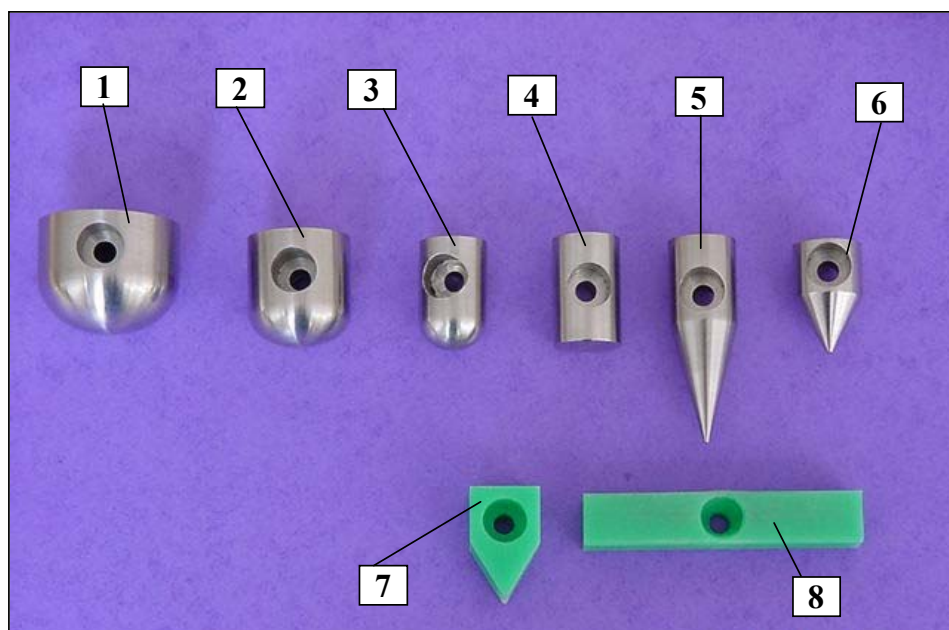
**Rozwiązanie konstrukcyjne stanowiska.** Proponowane stanowisko do badań laboratoryjnych dynamicznych mechanicznych uszkodzeń roślin korzeniowych i okopowych przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Widok ogólny młota wahadłowego do badań uszkodzeń plodów rolnych: 1 – podstawa stanowiska, 2 – wsporniki, 3 – podpory, 4 – teleskopy, 5 – próbka, 6 – wahadło, 7 – wymienna końcówka bijaka, 8 – wał wahadła, 9 – śruba mocująca wahadło na wale, 10 – ogranicznik podniesienia wahadła, 11 – podziałka kąta wychYLENIA wahadła, 12 – wskazówka

Fig. 1. General view of a pendulum for testing crop damage: 1 – base plate, 2 – brackets, 3 – supports, 4 – telescopic dampers, 5 – sample, 6 – pendulum, 7 – replaceable hammer, 8 – pendulum shaft, 9 – screw for fixing the pendulum to the shaft, 10 – pendulum guard, 11 – angle scale, 12 – swing pointer

Stanowisko składa się z podstawy (1) o wymiarach  $308 \times 368$  mm. Do podstawy przymocowano dwa wsporniki (2) o wysokości 480 mm i o przekroju kwadratowym  $40 \times 40$  mm. Do wsporników przymocowano ułożyskowany wał wahadła (8), do którego śrubą (9) przytwierdzono ramię wahadła (6). Ramię wahadła ma długość 389 mm. Na końcu wahadła, za pomocą nakrętek zamocowano wymienne końcówki bijaka (7). Do wsporników na wysokości 92 mm przyspawane są podpory (3) o długości 60 mm. Podpory mają dodatkowe teleskopy (4) mocowane do nich specjalnymi śrubami, w celu umożliwienia zmiany odległości między podporami młota. Jeden ze wsporników zaopatrzony jest w podziałkę kąta wychylenia wahadła (11) ze wskazówką (12). Zapewnia ona odczytywanie pracy zużytej na złamanie (ściananie) próbki z dokładnością  $\pm 0,5\%$  wartości początkowej energii uderzenia młota, jednak nie więcej niż  $\pm 1$  J. Wskazówka swobodnie porusza się na swej osi z dostatecznym tarcieniem w ten sposób, aby nie opadała i nie przechodziła na skutek bezwładności poza położenie, do którego zostanie wychylona przez zabierak wahadła młota. Na obudowie łożyska przy osi wahadła znajduje się ogranicznik podniesienia wahadła (10). Wahadło swobodnie spada z zadanej wysokości w płaszczyźnie pionowej przechodzącej w połowie odległości między podporami. Stanowisko wyposażone jest w wymienne końcówki wahadła (rys. 2). Posiadają one różnorodny kształt, masę i wymiary. Celem zróżnicowania kształtu i wymiarów bijaków do badania uszkodzeń jest osiągnięcie różnego charakteru uszkodzenia badanych próbek, zbliżających uszkodzenia w badaniach laboratoryjnych do uszkodzeń rzeczywistych.



Rys. 2. Wymienne końcówki wahadła: 1, 2, 3 – bijaki kuliste metalowe; 4 – bijak płaski metalowy; 5, 6 – bijaki stożkowe metalowe; 7 – bijak nożowy z PCV; 8 – bijak płaski z PCV

Fig. 2. Replaceable pendulum attachments: 1, 2, 3 – spherical metal hammers; 4 – flat metal hammer; 5, 6 – conical metal hammers; 7 – PVC cutting hammer; 8 – flat PVC hammer

**Weryfikacja stanowiska.** Do wykonania badań weryfikacyjnych stanowiska wykorzystano ziemniaki odmiany Asterix. Jest to odmiana średniowczesna, jadalna, w typie konsumpcyjnym ogólnoużytkowym o dobrym smaku. Charakteryzuje się dużymi, owalnymi, kształtnymi bulwami o czerwonej skórce, o płtykich oczkach i jasnożółtym miąższu. Odmiana jest bardzo plenna o dużym udziale w plonie frakcji handlowej, przeznaczona głównie do produkcji frytek i chipsów [Chotkowski 2007]. W badaniach wykorzystano frakcję wymiarową od 50 do 65 mm, w której masa bulw zawiera się w przedziale od 100 do 200 g. Temperatura otoczenia, w której były przechowywane ziemniaki, wynosiła średnio około 9°C, a wilgotność 90–95%. Pomiary wykonywano co siedem dni przez 15 tygodni. Próbkę w kształcie słupka o wymiarach 10 × 10 × 55 mm, wycinane specjalną krajalicą, swobodnie układano na podporach. Płaszczyzna symetrii próbki znajdowała się w płaszczyźnie przechodzącej w połowie odległości między podporami. Próbkę układano na podporach młota za pomocą szablonu zapewniającego prawidłowe jej ułożenie. Uderzenie młota następowało w płaszczyźnie symetrii próbki i noża końcówki wahadła, dopuszczalne odchylenie między osiami nie przekraczało ± 0,5 mm. W badaniach weryfikacyjnych wykorzystano końcówkę wahadła w kształcie bijaka nożowego wykonanego z PCV (rys. 2, poz. 7). Przed wykonaniem próby uderzenia mierzono przekrój próbki w płaszczyźnie symetrii i obliczano powierzchnie przekroju poprzecznego z dokładnością do ± 0,2 mm<sup>2</sup>. Przed każdorazową serią prób należy poziomo- wać położenie osi noża młota względem podpór i sprawdzać odległość między podporami.

**Metoda pomiaru – próba udarności** polega na złamaniu próbki jednokrotnym uderzeniem noża młota wahadłowego. Wartość pracy uderzenia zużytej na złamanie próbki (mierzona w J), odczytywana jest po udarowym złamaniu próbki z wielkości wychylenia się wahadła młota, wskazanego na podziałce przez wskazówkę.

Pomiar rozpoczynano od pomiaru kąta wahań młota  $\alpha$  (rys. 3) bez próbki, a uzyskany wynik odczytywano na wyskalowanej podziałce (1) z dokładnością ± 1°. Następnie, w podobny sposób, określany jest kąt  $\beta$  wychylenia się młota z próbką. Wartość pracy uderzenia zużytej na złamanie próbki  $L_u$  oblicza się ze wzoru (1).

$$L_u = G_R R (\cos \beta - \cos \alpha), [J] \quad (1)$$

gdzie:

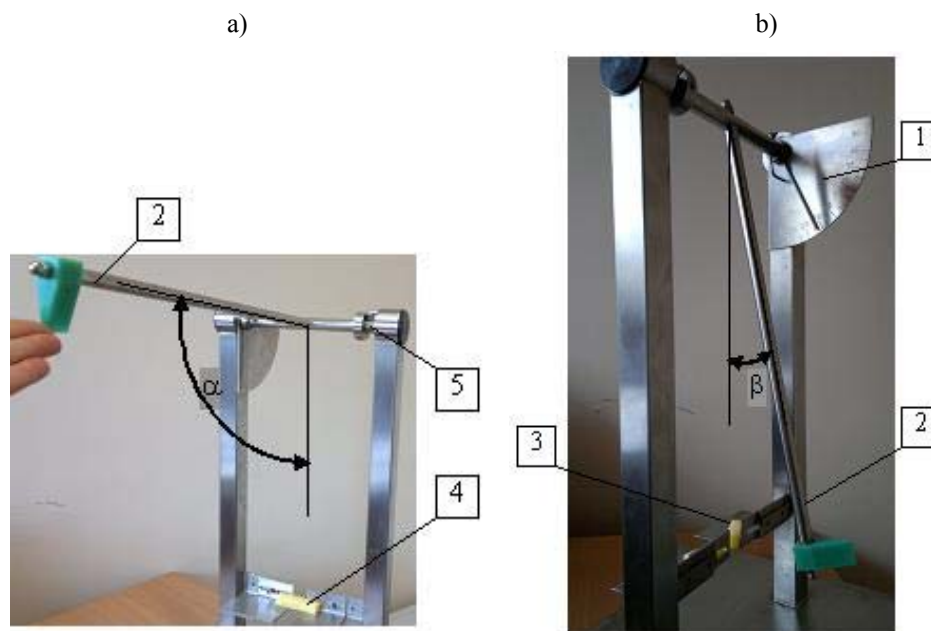
- $L_u$  – wartość pracy zużytej do zniszczenia próbki, J,
- $G_R$  – ciężar wahadła zredukowany do środka uderzenia, N;
- $\beta$  – kąt wychylenia wahadła młota po złamaniu próbki, °;
- $\alpha$  – kąt spadania wahadła młota, lub kąt maksymalnego podniesienia wahadła, °;
- $R$  – promień ramienia wahadła (długość wahadła), m.

Wartość udarności (odporności materiału na zginanie udarowe)  $K$  obliczmy korzystając ze wzoru (2):

$$K = \frac{L_u}{A}, [J \cdot \text{cm}^{-2}] \quad (2)$$

gdzie:

- $A$  – powierzchnia przekroju poprzecznego próbki, cm<sup>2</sup>;
- $L_u$  – wartość pracy zużytej do zniszczenia próbki, J.



Rys. 3. Widok odchylenia wahadła młota: a) przed złamaniem próbki, b) po złamaniu próbki:  $\alpha$  – kąt wahanja młota (maksymalnego podniesienia młota),  $\beta$  – kąt wychylenia młota po złamaniu próbki, 1 – podziałka kątomierza do odczytu kąta wychylenia  $\beta$ , 2 – ramie wahadła (młota), 3 – próbka po złamaniu, 4 – próbka przed złamaniem, 5 – ogranicznik podniesienia młota

Fig. 3. Pendulum swing: a) before sample breakage, b) after sample breakage:  $\alpha$  – swing angle (maximum pendulum displacement),  $\beta$  – deflection angle after breakage, 1 – deflection angle scale, 2 – pendulum arm, 3 – broken sample, 4 – sample before breakage, 5 – pendulum guard

**Metoda pomiaru – dynamiczna próba ścinania** polega na ścięciu próbki równocześnie w dwóch przekrojach w kierunku poprzecznym do jej podłużnej osi, odczytaniu i obliczeniu wartości udarności  $L_u$  (pracy potrzebnej na zniszczenie próbki), korzystając ze wzoru (1) i wyznaczeniu wytrzymałości na ścinanie  $R_t$  ze wzoru (3).

$$R_t = \frac{L_u}{2A}, [\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}] \quad (3)$$

gdzie:

$A$  – powierzchnia przekroju poprzecznego,  $\text{cm}^2$ ,  
 $L_u$  – wartość pracy zużytej do zniszczenia próbki, J.

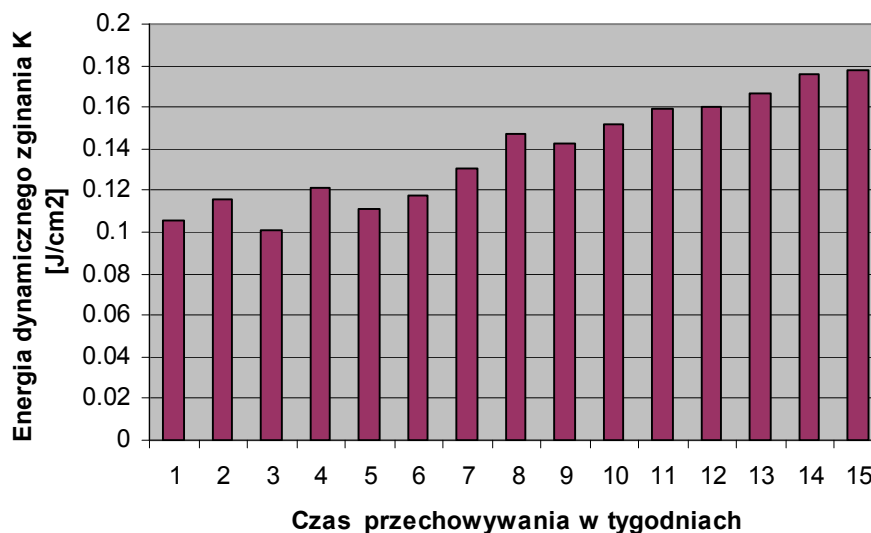
## WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań opracowano statystycznie za pomocą programu STATISTICA PL v. 10, stosując analizę regresji [Luszniewicz i Słaby 2008]. Zastosowano klasyczny model regresji liniowej [Stanisz 2006]. Obliczenia przeprowadzono na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Zestawione wyniki analizy statystycznej dotyczące udarności podano w tabeli 1 oraz przedstawiono graficznie na wykresie (rys. 4).

Tabela 1. Wyniki analizy statystycznej wpływu czasu przechowywania ziemniaków odmiany ASTERIX na ich przeciętną odporność na zginanie

Table 1. The results of statistical analyses of storage time influence on the average impact bending strength of potatoes cv. Asterix

Wyniki analizy	
Obliczona wartość statystyki	F = 190,53
Współczynnik korelacji	R = 0,9675
Procent wyjaśnionej zmienności	P = 93,61%
Odchylenie standardowe reszt	$S_e = 0,006842$
Prawdopodobieństwo przekroczenia obliczonej statystyki F	p = 0,0000
Ponieważ $p < \alpha$ – hipotezę $H_0$ należy odrzucić na korzyść hipotezy alternatywnej $H_1$ .	
Równanie regresji	$y = 0,0938 + 0,0056t$
gdzie: y – odporność ziemniaków na zginanie, J/cm <sup>2</sup> ,	
t – czas przechowywania ziemniaków, tygodnie	



Rys. 4. Wpływ czasu przechowywania ziemniaków odmiany ASTERIX na ich odporność udarową na zginanie

Fig. 4. The effect of storage time on the impact bending strength of potatoes cv. Asterix

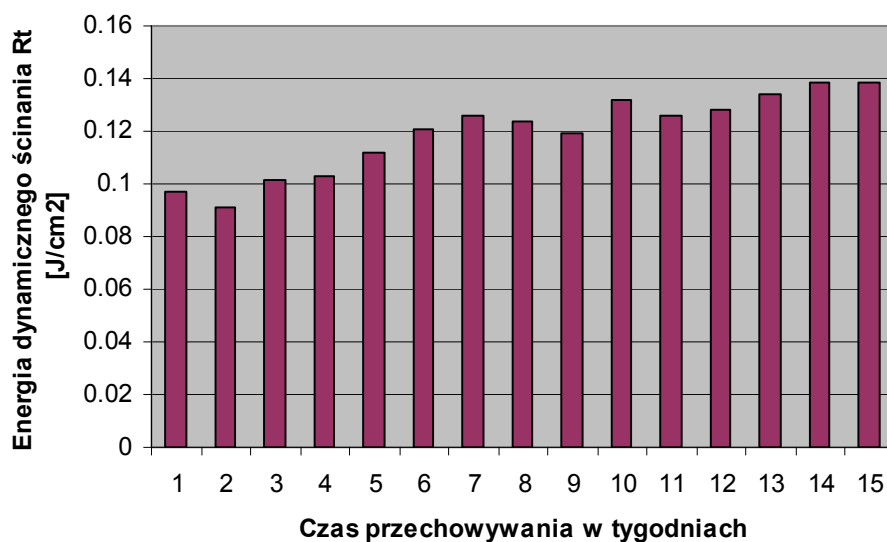
Przeprowadzona analiza statystyczna oraz przedstawione zależności graficzne wskazują na wyraźny wzrost wartości energii potrzebnej do zniszczenia próbki ziemniaka w zależności od czasu przechowywania. Średnia wartość udarności w ciągu piętnastu tygodni przechowywania wynosiła około  $0,13893 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Najniższą wartość energii dynamicznego zginania  $K$  wynoszącą ok.  $0,1009 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$  zaobserwowano w drugim tygodniu przechowywania ziemniaków.

Zestawienie analizy statystycznej wyników dynamicznej próby ścinania podano w tabeli 2 i przedstawiono graficznie na wykresie (rys. 5).

Tabela 2. Wyniki analizy statystycznej wpływu czasu przechowywania ziemniaków odmiany ASTERIX na ich odporność na ścinanie dynamiczne

Table 2. The results of statistical analyses of influence of storage time on the dynamic shear strength values of potatoes cv. Asterix

Wyniki analizy	
Obliczona wartość statystyki	$F = 103,8642$
Współczynnik korelacji	$R = 0,9428$
Procent wyjaśnionej zmienności	$P = 88,88\%$
Odchylenie standardowe reszt	$S_e = 0,005239$
Prawdopodobieństwo przekroczenia obliczonej statystyki $F$	$p = 0,0000$
Ponieważ $p < \alpha$ – hipotezę $H_0$ należy odrzucić na korzyść hipotezy alternatywnej $H_1$ .	
Równanie regresji	$y = 0,0938 + 0,0032t$
gdzie: $y$ – wartość odporności ziemniaków na ścinanie, $\text{J}/\text{cm}^2$ ,	
$t$ – czas przechowywania ziemniaków, tygodnie.	



Rys. 5. Wpływ czasu przechowywania ziemniaków odmiany ASTERIX na ich odporność na ścinanie dynamiczne

Fig. 5. The effect of storage time on the dynamic shear strength of potatoes cv. Asterix



Przeprowadzona analiza statystyczna oraz przedstawione zależności graficzne wskazują na to, że średnia wartość energii uderzenia niezbędnej do dynamicznego ścinania bulw w ciągu piętnastu tygodni eksperymentu nie była stabilna i zmieniała się losowo w przedziale od ok. 0,09 do ok. 0,13 J·cm<sup>-2</sup>. W dziewiątym oraz jedenastym i dwunastym tygodniu obserwowany był spadek wartości energii ścinania dynamicznego próbek do wartości zmieniającej się w przedziale od 0,1234±0,1279J·cm<sup>-2</sup>].

## PODSUMOWANIE

Zaprojektowane i wykonane stanowisko laboratoryjne pozwala na stymulowanie dynamicznych mechanicznych uszkodzeń płodów rolnych przypominające swym charakterem warunki rzeczywiste występujące na etapie krojenia, blanszowania, transportowania do urządzeń i maszyn stosowanych do produkcji frytek. Stanowisko laboratoryjne umożliwia obciążanie próbki zmienną energią poprzez dobór odpowiedniego kąta uniesienia ramienia wahadła. Analizując wyniki badań laboratoryjnych ziemniaka odmiany Asterix, zaobserwowano zjawisko łamania próbek przygotowanych z bulw twardych (w pierwszych dekadach eksperymentu), kiedy były bardziej jędrne, zaś odkształcenie z naderwaniami warstwy rozciąganej zaobserwowano dla bulw zwiędłych, których turgor zmalał (w ostatnich dekadach eksperymentu). W próbach badania udatności i próbach ścinania dla ziemniaków odmiany Asterix obserwowany był wzrost siły potrzebnej do zniszczenia próbki ziemniaka w miarę zmiany turgoru bulwy. Na podstawie założeń konstrukcyjnych i wyników przeprowadzonych prób stwierdzono, że stanowisko spełnia postawione mu wymagania. Wyprowadzone równania regresji dobrze opisują wpływ czasu przechowywania ziemniaków na ich odporność na zginanie i ścinanie, o czym świadczy wysoki procent wyjaśnionej zmienności (powyżej 88%). Badania należy kontynuować, a ich zakres rozszerzyć nie tylko na inne odmiany ziemniaków, a także płody roślin, np. korzeniowych.

## PIŚMIENNICTWO

- Baranowski P., Mazurek W., Walczak R.T., 2005. Detekcja uszkodzeń mechanicznych jabłek z wykorzystaniem termografii. *Acta Agrophysica* 6(1), 19–29.
- Bohdziewicz J., Czachor G., 2010. Wpływ obciążenia na przebieg odkształcenia warzyw o kształcie kulistym. *Inżynieria Roln.* 1(119), 85–91.
- Blahovec J., 2001. Static mechanic and texture of fruits and vegetables. *Res. Agric. Eng.* 47(4), 144–169.
- Bzowska-Bakalarz M., 1994. Właściwości mechaniczne korzeni buraków cukrowych. *Rozprawy Nauk.* 166. WAR, Lublin.
- Chotkowski J., 2007. *Polski katalog odmian ziemniaka*. Wyd. Wieś Jutra.
- Ciupak A., Gładyszewska B., 2010. Właściwości mechaniczne skórki owoców pomidora w różnych temperaturach przechowywania. *Acta Agrophysica* 15(1), 45–54.
- Czerko Z., Nowacki W., 2005. Monitorowanie maszyn do obróbki ziemniaków za pomocą „bulwy elektronicznej” PMS-60. *Inżynieria Roln.* 1(61), 49–55.

- Gołacki K., Rowiński P., 2006. Dynamiczne metody pomiaru właściwości mechanicznych owoców i warzyw. *Acta Agrophysica* 8(1), 69–82.
- Krzysztofik B., 2001. Wpływ wybranych czynników na budowę anatomiczną i odporność bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia. *Inżynieria Roln.*, 7(27), 73–76.
- Luszniewicz A., Słaby T., 2008. *Statystyka z pakietem komputerowym STATISTICA PL. Teoria i zastosowania*. Wyd. C.H. Beck Warszawa.
- Marks N., Baran P., Baran D., Krzysztofik B., Sobol Z., 1997. Wpływ nowej techniki nawożenia na powstanie mechanicznych uszkodzeń bulw oraz jakość zbieranego plonu ziemniaków. *Inżynieria Roln.* 1, 77–83.
- Sobol Z., 2002. Wpływ wybranych czynników na cechy fizyczne bulw ziemniaka. *Inżynieria Roln.*, 6(39), 101–108.
- Stanisz A., 2006. *Przystępny kurs statystyki. T. I. Statystyki podstawowe*. Wyd. StatSoft Polska Sp. z o.o. Kraków
- Stropek Z., Gołacki K., Rowiński P., 2009. Wyznaczenie progu obicia jabłek. *Acta Agrophysica* 13(1), 261–272.

#### TEST STAND FOR EVALUATING OF MECHANICAL DAMAGES OF ROOT CROPS

**Abstract.** A test stand for measuring dynamic damages of root crops was proposed. A method for measuring damages of root crop samples was developed for the proposed laboratory model. The test stand was verified in a series of experiments involving potatoes cv. Asterix. The results of preliminary investigations of effect of storage time on average flexural and shear strength of potatoes were presented. A knowledge of flexural and shear strength values and changes in those parameters during storage is required to optimize technological processes in the food processing industry, including the production of potato fries and chips or frozen vegetables.

**Key words:** test stand, root crops

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 27.11.2012