

ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY CECHAMI BIOMETRYCZNYMI A WYBRANYMI PARAMETRAMI ELEKTRYCZNYMI BULW ZIEMNIAKA

Tomasz Jakubowski, Piotr Nawara

Zakład Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Celem pracy było określenie wybranych właściwości elektrycznych bulw ziemniaka w kontekście ich cech biometrycznych. Badania przeprowadzono w latach 2011-2012 w warunkach laboratoryjnych. Obiektem badań były bulwy ziemniaka bardzo wczesnych odmian: Arielle, Lord i Denar. Badaniami objęto kolejne cechy biometryczne bulwy: długość, grubość, szerokość i masę. Na podstawie cech biometrycznych wyliczono kolejne współczynniki kształtu bulwy: współczynnik wydłużenia, współczynnik spłaszczenia oraz masowy wskaźnik wypełnienia gabarytowego. Pomierzono następujące właściwości elektryczne bulwy: napięcie i natężenie. Wynik analizy wariancji dotyczącej wpływu odmian ziemniaka przyjętych w doświadczeniu na wartość napięcia i natężenia był istotny. Wyniki badań wskazują, że wszystkie cechy biometryczne bulw ziemniaka odmian Lord i Denar wpływały istotnie na badane zmienne zależne. W przypadku odmiany Arielle nie stwierdzono istotnego wpływu współczynnika wydłużenia na natężenie i współczynnika spłaszczenia na napięcie prądu. Stwierdzono silny związek korelacyjny między pomierzonymi wartościami napięcia i natężenia elektrycznego w bulwach ziemniaka.

Słowa kluczowe: ziemniak, bulwa, kształt, napięcie, natężenie

Wprowadzenie

W latach osiemdziesiątych XVIII wieku prowadzono pierwsze badania związane z pozyskaniem energii elektrycznej z obiektów biologicznych. Doświadczenia Alessandro Volty wykazały, że przewodzenie prądu elektrycznego w organizmie ożywionym następuje w wyniku obecnego tam elektrolitu. Elektrolit jest roztworem, który przewodzi prąd elektryczny w wyniku wydzielania się jonów oraz ich ruchu w sposób określony prawami elektrolizy Faradaya. Elektroliza to zmiany chemiczne w elektrolicie powodowane przepływem prądu (jony dodatnie poruszają się w stronę elektrody ujemnej, a jony ujemne w stronę dodatniej). Ładunek elektryczny to właściwość materii, która pozwala ciałom obdarzonym ładunkiem na wytwarzanie pola elektrycznego (oraz oddziaływania z tym polem). Potencjał pola elektrycznego jest funkcją, dzięki której można określić energię

potencjalną ciała naładowanego w każdym punkcie pola elektrycznego. Badania krajowe, dotyczące cech elektrycznych materiałów pochodzenia roślinnego (miód, mąka, śruta pszeniczna), wykazały, że istotny wpływ na wartość współczynnika strat dielektrycznych ma temperatura materiału poddawanego analizie. Wartość tego współczynnika wzrasta wraz z temperaturą niezależnie od częstotliwości pola elektromagnetycznego. Stwierdzono również, że w przypadku miodu jego względna przenikalność dielektryczna nie jest zależna od jego temperatury (Łuczycka i in., 2011; Guo i in., 2010). Golberg i in. (2010) badali wydajność źródeł prądu pochodzących z ziemniaków surowych i poddanych obróbce termicznej. W doświadczeniu wykorzystano ogniwo galwaniczne, składające się z dwóch elektrod (cynkowej i miedzianej), które zanurzone w elektrolicie (rozdrobnionych bulwach ziemniaka) przenosiły ładunek. Wyniki badań wykazały, że napięcie nominalne wytworzone przez baterię wyposażoną w elektrolit z ziemniaków ugotowanych wynosi 0,79 V (przy kilkudniowym czasie jej działania). Jednocześnie stwierdzono, że z baterii działającej z wykorzystaniem ziemniaków poddanych obróbce termicznej można uzyskać 10-krotnie więcej prądu niż z baterii bulw surowych. Badania wykonane przez Marksa i in. (2010) wskazują, że wraz ze wzrostem masy bulwy ziemniaka zwiększa się również wartość napięcia elektrycznego, a zależność między napięciem a czasem wykonywanego pomiaru ma charakter nieliniowy. Obecne badania, związane z właściwościami elektrycznymi ziemniaka, dotyczą głównie wykorzystania skrobi w nanotechnologiach (Bouthegeourd i in., 2011) jako materiału dla wykonania anody baterii litowo-jonowej (Li i in., 2011) czy zastosowania skrobi w połączeniu z jodkiem amonu (NH_4I) jako bio-polimerowego elektrolitu (Kumar, 2012). Właściwości elektryczne ziemniaka były również przedmiotem badań w kontekście wpływu pulsującego pola elektrycznego na zjawisko elektroporacji tkanki (Boussetta i in., 2013), jak i wpływu tego pola na zawartość i pozyskanie antocyjanów z bulwy (Puértolas i in., 2013).

Przedstawione powyżej możliwości zastosowania materiałów pochodzących z roślin ziemniaka uzasadniają potrzebę prowadzenia badań dotyczących ich właściwości elektrycznych. Celem pracy było określenie zależności między cechami biometrycznymi bulwy ziemniaka a jej wybranymi parametrami elektrycznymi.

Cel i zakres pracy oraz metoda

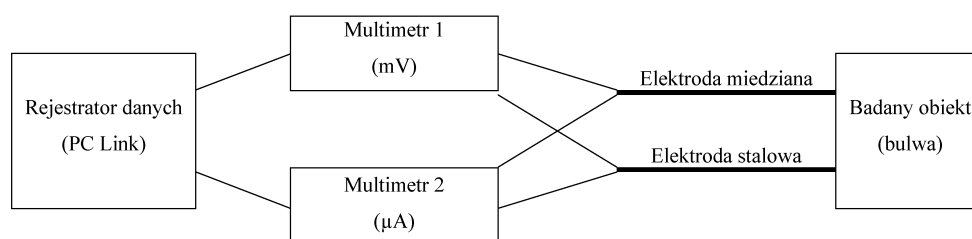
Badania realizowano od listopada 2011 do stycznia 2012 w warunkach laboratoryjnych. Obiektem badań było 30 bulw ziemniaka bardzo wczesnych odmian: Arielle, Lord i Denar. Badaniami objęto kolejne cechy biometryczne bulwy: długość, grubość, szerokość i masę. Wykonano pomiary napięcia i natężenia prądu z ogniwa galwanicznego, którym były bulwy (traktując każdą bulwę jako osobny obiekt badań). Po uprzednim umyciu i osuszeniu bulw określono ich masę i wymiary. Do określenia masy bulwy użyto wagi laboratoryjnej o dokładności 0,1 g. Aby określić kształt bulw dokonano pomiaru (suwmiarką) bezpośredniego, z dokładnością do 1 mm, wyznaczając (Sobol i in., 2005; Fleszer i in., 1993):

- długość bulwy (a) – od nasady stolonu do wierzchołka bulwy,
- szerokość bulwy (b) – większy wymiar największego porzecznego przekroju,
- grubość bulwy (c) – mniejszy wymiar największego porzecznego przekroju.

Na podstawie pozyskanych wartości obliczono kolejne wskaźniki wymiarowo-masowe bulw ziemniaka:

- współczynnik wydłużenia określony jako iloraz długości i szerokości bulwy,
- współczynnik spłaszczenia określony jako iloraz grubości i szerokości bulwy,
- masowy wskaźnik wypełnienia gabarytowego określony jako iloraz masy i iloczynu długości, szerokości i grubości bulwy.

Pomiar napięcia i natężenia elektrycznego bulwy wykonano na stanowisku badawczym (rys. 1), usytuowanym w pomieszczeniu przechowalni (chłodni), zgodnie z metodyką opisaną w pracy Marksa i in. (2010). Stanowisko pomiarowe wyposażone było w rejestrator danych pobierający informacje o wartościach pomierzonego napięcia i natężenia elektrycznego bulwy z dwóch multimetrów (odczyt mV – dokładność 0,12% + 2c, odczyt μA – dokładność pomiarowa 0,2% + 4c – Instrukcja Obsługi Multimetry Cyfrowe). Multimetr połączony był z bulwą ziemniaka dwoma elektrodami o długości 100 mm i średnicy 1,4 mm (miedziana i stalowa w rozstawie 40 mm umieszczone w części odstolonowej na głębokości 80 mm). Pomiar wartości elektrycznych wykonywano w końcowym okresie przechowywania ziemniaków, przez 24 godziny, przy kroku pomiarowym 60 s. Zapis danych w rejestratorze odbywał się poprzez program komputerowy PC Link.



Rysunek 1. Stanowisko pomiarowe wykorzystane w doświadczeniu
Figure 1. A measurement stand used in the experiment

Temperatura w chłodni podczas pomiaru właściwości elektrycznych bulw ziemniaka wynosiła 8–11°C przy wartości wilgotności względnej 80%. Wyniki badań analizowano przy wykorzystaniu programu STATISTICA 10 na założonym poziomie istotności $\alpha=0,05$. Jako statystykę podstawową, opisującą cechy biometryczne badanych bulw ziemniaka, wyliczono wartość współczynnika zmienności (iloraz odchylenia standardowego i wartości średniej). Wpływ odmiany ziemniaka na badane zmienne zależne badano z wykorzystaniem jednowymiarowej analizy wariancji. Wykonano wielokrotne porównania średnich z zastosowaniem testów Duncana. Istotność zależności między cechami biometrycznymi bulwy ziemniaka a wartościami napięcia i natężenia określano według procedur ogólnych modeli liniowych. Postępowanie takie podyktowane było dwoma faktami: dużą ilością danych doświadczalnych oraz występowaniem predyktorów o charakterze ciągłym. Wartością współczynnika Pearsona określono zależność korelacyjną między napięciem i natężeniem elektrycznym w badanych bulwach ziemniaka.

Wyniki badań

W tabeli 1 zawarto wartości współczynników zmienności dotyczących podstawowych cech biometrycznych badanego materiału i wyliczonych na ich podstawie współczynników kształtu bulw ziemniaka. Zmienność badanych cech biometrycznych waha się w przedziale od 2,4 do 19,3%. Wynik analizy wariancji (tab. 2) dotyczącej wpływu odmian ziemniaka przyjętych w doświadczeniu na wartość napięcia i natężenia był istotny. Przeprowadzone testy post hoc (tab. 3) wykazały istnienie dwóch grup homogenicznych zmiennych, w przypadku pomierzonych wartości napięcia, i trzech grup, w przypadku natężenia prądu elektrycznego. Pomierzone napięcie prądu w bulwach ziemniaka odmian Denar i Lord nie różniło się istotnie, co pozwoliło na badanie wpływu cech biometrycznych na tę zmienną zależną w odniesieniu do obu odmian jednocześnie.

Tabela 1

Wartości współczynnika zmienności cech biometrycznych bulw ziemniaka w odniesieniu do poszczególnych odmian

Table 1

Values of the coefficient of variation of potato tubers biometric features with reference to particular cultivars

Cecha biometryczna	Wartość współczynnika zmienności (%)		
	Odmiana		
	Lord	Denar	Arielle
Długość (mm)	7,9	10,2	4,9
Szerokość (mm)	3,2	2,4	4,8
Grubość (mm)	7,2	7,3	5,9
Masa (g)	10,9	16,0	9,1
Współczynnik spłaszczenia	5,2	6,6	6,0
Współczynnik wydłużenia	9,8	8,7	6,1
Wypełnienie gabarytowe (g·cm ⁻³)	19,3	15,0	16,8

Tabela 2

Jednowymiarowa analiza wariancji; wpływ odmiany ziemniaka na wartość napięcia i natężenia

Table 2

One-dimension analysis of variance; impact of potato cultivar on the voltage and strength value

Predyktor jakościowy	Lambda Wilksa	Wartość testu F	Efekt - df	Błąd - df	Poziom prawdopodobieństwa testowego
Wyraz wolny	0,031	664570,264	2	43226	0
Odmiana	0,952	535,793	4	86452	0

Tabela 3

Wynik testu Duncana; wpływ odmiany ziemniaka na wartość napięcia i natężenia

Table 3

Duncan test result; impact of potato cultivar on the voltage and strength value

Odmiana	Mierzona wartość i grupy homogeniczne						
	Napięcie (mV)	1	2	Natężenie (μ A)	1	2	3
Arielle	4,6		****	1,2	****		
Denar	5,2	****		1,9		****	
Lord	5,2	****		2,4			****

Wyniki badań (tab. 4, 5 i 7) wskazują, że wszystkie cechy biometryczne bulw ziemniaka odmian Lord i Denar wpływały istotnie na badane zmienne zależne. W przypadku odmiany Arielle (tab. 6 i 8) nie stwierdzono istotnego wpływu współczynnika wydłużenia na natężenie i współczynnika spłaszczenia na napięcie prądu. Był to wynik mało spodziewany, ponieważ w pracy Marksa i in. (2010) stwierdzono wyraźną dodatnią zależność korelacyjną między masą bulwy ziemniaka a jej potencjałem elektrycznym. Zakładano więc podobny kierunek zależności w przypadku wymiarów i wartości współczynników kształtu bulwy a badanymi cechami elektrycznymi. Na uzyskany wynik doświadczenia wpływ może mieć czynnik odmianowy. Zdaniem Marksa i in. (2010) oraz Przeszalskiego (1977) jedną z przyczyn istnienia potencjału elektrycznego w bulwie ziemniaka może być jej skład biochemiczny sprawiający, że substancje organiczne i mineralne rozpuszczone w wodzie spełniają rolę elektrolitu.

Tabela 4

Wpływ badanych cech biometrycznych bulw ziemniaka odmiany Lord na wartość natężenia prądu (każdą bulwę traktowano jako osobny obiekt badań)*

Table 4

Impact of the investigated biometric features of Lord potato tubers on the value of electric strength (each tuber was treated as a separate research object)*

Cecha biometryczna	Sumy kwadratów	Stopnie swobody	Średnia suma kwadratów	Wartość testu F	Poziom prawdopodobieństwa testowego
Wyraz wolny	3,931	1	3,931	328,796	0,000
Masa* (g)	3,785	1	3,785	316,601	0,000
Długość* (mm)	1,403	1	1,403	117,336	0,000
Szerokość* (mm)	3,946	1	3,946	330,043	0,000
Grubość* (mm)	4,787	1	4,787	400,401	0,000
Współczynnik spłaszczenia*	4,662	1	4,662	389,921	0,000
Współczynnik wydłużenia*	0,931	1	0,931	77,832	0,000
Wypełnienie gabarytowe* ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	3,912	1	3,912	327,178	0,000
Błąd	172,181	14402	0,012		

Tabela 5

Wpływ badanych cech biometrycznych bulw ziemniaka odmiany Denar na wartość natężenia prądu (każdą bulwę traktowano jako osobny obiekt badań)*

Table 5

Impact of the investigated biometric features of Denar potato tubers on the value of electric strength (each tuber was treated as a separate research object)*

Cecha biometryczna	Sumy kwadratów	Stopnie swobody	Średnia suma kwadratów	Wartość testu F	Poziom prawdopodobieństwa testowego
Wyraz wolny	9,183	1	9,183	93,972	0,000
Masa* (g)	3,543	1	3,543	36,257	0,000
Długość* (mm)	3,312	1	3,312	33,891	0,000
Szerokość* (mm)	9,401	1	9,401	96,211	0,000
Grubość* (mm)	9,524	1	9,524	97,467	0,000
Współczynnik spłaszczenia*	9,904	1	9,904	101,354	0,000
Współczynnik wydłużenia*	1,756	1	1,756	17,970	0,000
Wypełnienie gabarytowe* (g·cm ⁻³)	3,640	1	3,640	37,246	0,000
Błąd	1407,313	14402	0,098		

Tabela 6

Wpływ badanych cech biometrycznych bulw ziemniaka odmiany Arielle na wartość natężenia prądu (każdą bulwę traktowano jako osobny obiekt badań)*

Table 6

Impact of the investigated biometric features of Arielle potato tubers on the value of electric strength (each tuber was treated as a separate research object)*

Cecha biometryczna	Sumy kwadratów	Stopnie swobody	Średnia suma kwadratów	Wartość testu F	Poziom prawdopodobieństwa testowego
Wyraz wolny	0,118	1	0,118	32,103	0,000
Masa* (g)	0,074	1	0,074	19,964	0,000
Długość* (mm)	0,038	1	0,038	10,252	0,001
Szerokość* (mm)	0,054	1	0,054	14,671	0,000
Grubość* (mm)	0,101	1	0,101	27,402	0,000
Współczynnik spłaszczenia*	0,142	1	0,142	38,378	0,000
Współczynnik wydłużenia*	0,011	1	0,011	2,955	0,086
Wypełnienie gabarytowe* (g·cm ⁻³)	0,041	1	0,041	11,031	0,001
Błąd	53,109	14402	0,004		

Zależność między cechami...

Tabela 7

Wpływ badanych cech biometrycznych bulw ziemniaka odmian Lord i Denar na wartość napięcia prądu (każdą bulwę traktowano jako osobny obiekt badań)*

Table 7

Impact of the investigated biometric features of Lord and Denar potato tubers on the value of voltage (each tuber was treated as a separate research object)*

Cecha biometryczna	Lambda Wilksa	Wartość testu F	Efekt - df	Błąd - df	Poziom prawdopodobieństwa testowego
Wyraz wolny	0,9989	15,397	2	28811	0,0000
Masa* (g)	0,9992	11,863	2	28811	0,0000
Długość* (mm)	0,9993	9,760	2	28811	0,0001
Szerokość* (mm)	0,9991	12,827	2	28811	0,0000
Grubość* (mm)	0,9987	18,761	2	28811	0,0000
Współczynnik spłaszczenia*	0,9986	20,457	2	28811	0,0000
Współczynnik wydłużenia*	0,9994	9,000	2	28811	0,0001
Wypełnienie gabarytowe* (g·cm ⁻³)	0,999	8,221	2	28811	0,0003

Tabela 8

Wpływ badanych cech biometrycznych bulw ziemniaka odmiany Arielle na wartość napięcia prądu (każdą bulwę traktowano jako osobny obiekt badań)*

Table 8

Impact of the investigated biometric features of Arielle potato tubers on the value of voltage (each tuber was treated as a separate research object)*

Cecha biometryczna	Sumy kwadratów	Stopnie swobody	Średnia suma kwadratów	Wartość testu F	Poziom prawdopodobieństwa testowego
Wyraz wolny	0,000	1	0,000	746,541	0,000
Masa* (g)	0,000	1	0,000	254,916	0,000
Długość* (mm)	0,000	1	0,000	147,872	0,000
Szerokość* (mm)	0,000	1	0,000	627,270	0,000
Grubość* (mm)	0,000	1	0,000	35,418	0,000
Współczynnik spłaszczenia*	0,000	1	0,000	1,031	0,310
Współczynnik wydłużenia*	0,000	1	0,000	87,591	0,000
Wypełnienie gabarytowe* (g·cm ⁻³)	0,000	1	0,000	331,491	0,000
Błąd	0,000	14402	0		

Nadmienić należy, że właściwości elektryczne dowolnej substancji (również i biologicznej) uwarunkowane są: konduktywnością (przewodnością właściwą), przenikalnością

elektryczną, rezystancją i tangensem kąta stratności. Parametry te mogą różnić obiekty roślinne nawet w obrębie tego samego gatunku (różne odmian). Silna zależność korelacyjna ($r=0,92$ – odmiany Arielle i Denar, $r=0,93$ – odmiana Lord) między pomierzonymi wartościami napięcia i natężenia elektrycznego w bulwach ziemniaka (bez względu na ich cechy biometryczne) była spodziewana. Zależność między napięciem i natężeniem prądu w przewodniku jest zawsze słuszna, gdyż rezystancja jest w ogólności tzw. opornością statyczną przy danej wartości napięcia. Związek pomiędzy różnicą potencjałów i natężeniem pola jest matematycznie formułowany przez różniczkową postać prawa Ohma.

Wnioski

1. Stwierdzono istotny wpływ badanych cech biometrycznych bulw ziemniaka odmian Lord i Denar na wartość napięcia i natężenia elektrycznego.
2. Współczynnik wydłużenia i spłaszczenia nie wpływały istotnie na wartość natężenia i napięcia elektrycznego pomierzonego w bulwach ziemniaka odmiany Arielle.
3. Wartości napięcia i natężenia prądu elektrycznego w bulwach ziemniaka były ze sobą skorelowane.

Literatura

- Budyn, P.; Frančak, J.; Kielbasa, P. (2003). Wpływ gatunku gleby na wybrane parametry bulw odmiany Irga i Baszta. Kraków. *Inżynieria Rolnicza*, 11(53), 29-34.
- C., Kazimierz, P., Barmuta. (1988). The effects of the electrical field on plant growth, in: L. Ruinian (Ed.). International Academic Publishers, Beijing, China. *Proceedings of the International Conference on Modern Electrostatics, Part I*, 137-139.
- Cramariuc, R.; Donescu, V.; Popa, M.; Cramariuc, B. (2005). The biological effect of the electrical field treatment on the potato seed: agronomic evaluation. *Journal of Electrostatics*, 63(6-10), 837-846.
- Eduardo, Puértolas; Oliver, Cregenzán; Elisa, Luengo; Ignacio, Álvarez; Javier, Raso. (2013) Pulsed-electric-field-assisted extraction of anthocyanins from purple-fleshed potato. *Food Chemistry*, 136, Issues 3-4, 15, 1330-1336.
- Emilie, Bouthegourd; K.R. Rajisha; Nandhakumar, Kalarical; Jean Marc, Saiter; Sabu, Thomas. (2011) Natural rubber latex/potato starch nanocrystal nanocomposites: Correlation morphology/electrical properties *Materials Letters*, 65, Issues 23-24, 3615-3617.
- Fleszer, J.; Fabian, H. (1993). Badania zależności wymiarowo-masowych bulw ziemniaka. WMWSI. Koszalin. *Zeszyt naukowy*, 15, 6-21.
- Golberg, A.; Rabinowitch, H. & Rubinsky, B. (2010). Zn/Cu-vegetative batteries, bioelectrical characterizations, and primary cost analyses. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 2(3) DOI: 10.1063/1.3427222
- Guo, W.; Zhu, X.; Yi, Liu; Zhuang, H. (2010). Sugar and water contents of honey with dielectric property sensing. *Journal of Food Engineering*, 97, Issue 2, 275-281
- Instrukcja Obsługi Multimetry Cyfrowe. Firma BRYMEN
- Jakubowski, T. (2008d). Poszukiwanie zależności pomiędzy wybranymi cechami biometrycznymi bulw ziemniaka a promieniowaniem mikrofalowym. *Inżynieria Rolnicza*, 10(108), 73-79.
- Kielbasa, P. 2005. Ocena wybranych cech fizycznych bulw ziemniaków. *Inżynieria Rolnicza*, 6(66), 305-313.

- Łuczycza, D.; Szewczyk, A.; Pruski, K. (2011). Wpływ temperatury na cechy dielektryczne miodu. *Inżynieria Rolnicza*, 9(134), 117-122.
- Manindra, Kumar; Tuhina, Tiwari; Neelam, Srivastava. (2012). Electrical transport behaviour of bio-polymer electrolyte system: Potato starch + ammonium iodide. *Carbohydrate Polymers*, 88, Issue 1, 17, 54-60.
- Marks, N.; Baran, D.; Sobol, Z. (2006). Wpływ wymiarów na zależność pomiędzy kształtem a objętością bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 12(87), 341-349.
- Marks, N.; Jakubowski, T.; Nawara, P. (2010). Potencjał elektryczny bulwy ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 3(121), 127-133.
- Przestalski, S. (1977). *Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki*. Warszawa, PWN, 336-446.
- Sobol, Z.; Baran, D.; Marks, N. (2005). Relacje pomiędzy objętością a kształtem bulw wybranych odmian ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 7(67), 289-295.
- Wenbin, Li; Mingming, Chen; Chengyang, Wang. (2011). Spherical hard carbon prepared from potato starch using as anode material for Li-ion batteries *Materials Letters*, 65, Issues 23-24, 3368-3370.
- Wenchuan, Guo; Yi Liu, Xinhua; Zhu, Shaojin. (2011). Wang Temperature-dependent dielectric properties of honey associated with dielectric heating. *Journal of Food Engineering*, 102, Issue 3, 209-216.
- X., Bai; Y., Li; C., Zuoli; X., Li; M., Jingrun; W., Qingzhao. (1988). Study on biological effect of seeds in electrostatic treatment, in: L. Ruinian (Ed.). International Academic Publishers, Beijing, China, *Proceedings of the International Conference on Modern Electrostatics*, Part I, 166-169.

RELATION BETWEEN BIOMETRIC PROPERTIES AND THE SELECTED ELECTRIC PARAMETERS OF POTATO TUBERS

Abstract. The objective of the paper was to determine the selected electric properties of potato tubers in the context of their biometric features. The research was carried out in 2011-2012 in laboratory conditions. Early cultivars of potato tubers constituted the research object: Arielle, Lord and Denar. Subsequent biometric features of tubers were covered by the research: length, thickness, width and weight. Based on biometric features, subsequent coefficients of tubers shape were listed: coefficient of elongation, coefficient of flatness and weight coefficient of dimension. The following electric properties of a tuber were measured: voltage and strength. The result of analysis of variance concerning the impact of potato cultivars accepted for the experiment on the value of voltage and strength was significant. The research results indicate that all biometric features of Lord and Denar potato tubers significantly influenced the investigated dependent variables. In case of Arielle cultivar, no significant impact of the coefficient of elongation on the intensity and coefficient of flattening on voltage was determined. A strong correlation relation between the measured electric voltage and strength in potato tubers was reported.

Key words: potato, tuber, shape, voltage, strength

Adres do korespondencji:

Piotr Nawara; e-mail: rtnawara@cyf-kr.edu.pl
Zakład Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków