

## WPŁYW STYMULACJI SADZENIAKÓW ZMIENNYM POLEM MAGNETYCZNYM NA KSZTAŁT BULW ZIEMNIAKA

Norbert Marks

*Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

Przemysław Szecówka

*Zakład Roślin Zbożowych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*

**Streszczenie.** Praca zawiera wyniki badań nad wpływem zmiennego pola magnetycznego zastosowanego do stymulacji sadzeniaków na kształt bulw ziemniaka (*Solanum Tuberosum*) roślin potomnych. Do oceny kształtu zastosowano współczynnik sferyczności (wydłużenia i spłaszczenia) będący relacją  $a:c$ ,  $a:b$  i  $b:c$ . Do badań przyjęto odmianę Vineta. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono istotny statystycznie wpływ zmiennego pola magnetycznego na kształt bulw ziemniaka. Porównując współczynniki kształtu bulw stymulowanych i niestymulowanych (kontrola), można stwierdzić, że pole magnetyczne działa hamująco na deformację bulw wywołaną czynnikami modyfikującymi.

**Słowa kluczowe:** solenoid, pole magnetyczne, indukcja magnetyczna, czas, dawka ekspozycyjna, bulwa ziemniaka, kształt bulwy

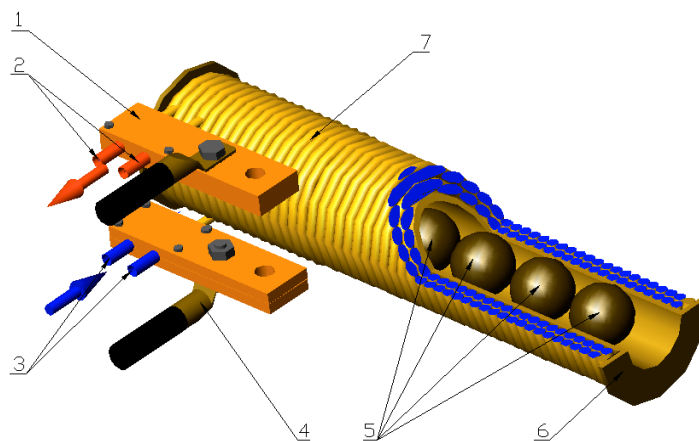
### Wprowadzenie

W naszych warunkach klimatycznych ziemniaki rozmnażane są przede wszystkim wegetatywnie, a więc przez klonowanie bulw matecznych. Rośliny potomne zatem powinny charakteryzować się takimi samymi cechami, jak rośliny mateczne. Jednak rośliny potomne w obrębie odmiany wykazują pewną zmienność, mającą charakter zmienności modyfikacyjnej względnie ontogenetycznej. Część cech bulwy wykazuje małą zmienność, mają więc dużą wartość taksonomiczną, a część z nich wykazuje tak dużą zmienność, że ich wartość taksonomiczna jest podrzędna lub jedynie porównawcza. Jedną z cech podlegającą ocenie taksonomicznej jest bulwa wraz z opisującymi ją: kształtem, barwą miąższu, barwą, teksturą i grubością skórki, liczbą, rozmieszczeniem i głębokością oczek oraz tzw. stopniem wykształcenia łuku, czyli zgrubienia nad oczkiem. Zasadniczy kształt bulwy jest cechą o małej zmienności, natomiast współczynniki wydłużenia i spłaszczenia wykazują zmienność dużą. Kształt bulw jest jedną z cech mającą wpływ na stopień uszkodzeń podczas zbioru oraz na przydatność technologiczną w procesach obierania oraz krojenia na plastry, słupki i kostkę. Stąd w przemyśle przetwórczym oprócz innych kryteriów najczęściej zwraca się uwagę na kształt i wielkość bulwy oraz na pojawianie się chorób na skórcie i stopień wewnętrznego uszkodzenia. Producenci frytek preferują bulwy owalne lub po-

dłużne o wymiarach od 50 mm w górę, a chipsów – bulwy kuliste o wymiarach od 40 do 60 mm. Kształt i wielkość bulw ziemniaka mogą być modyfikowane przez szereg czynników. Problem ten przedstawiono między innymi w pracach Sobola i in. [2005], Marksa i in. [2006], Jakubowskiego [2008], Krzysztofik i Nawary [2007a i 2007b], Skwarskiej [2002], Bombika i in. [2008], Głuskiej [1997, 1999], Trawczyńskiego [2009], Zarzyńskiej [1997]. Stan dotychczasowej wiedzy w tym zakresie wskazuje na konieczność pozyskiwania bulw o określonym kształcie i wielkości, stąd konieczność minimalizowania wpływu tych czynników, które w istotny sposób te cechy modyfikują. Celem pracy wynikającym ze stanu wiedzy w tym zakresie jest określenie wpływu stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym na wartość współczynników wydłużenia i spłaszczenia opisujących kształt bulw, przy ustalonym oddziaływaniu czynników siedliskowych i agrotechnicznych mających wpływ na ich zmienność modyfikacyjną, czyli jak wpływa zmienne pole magnetyczne na kształt bulwy genetycznie uwarunkowany dla danej odmiany.

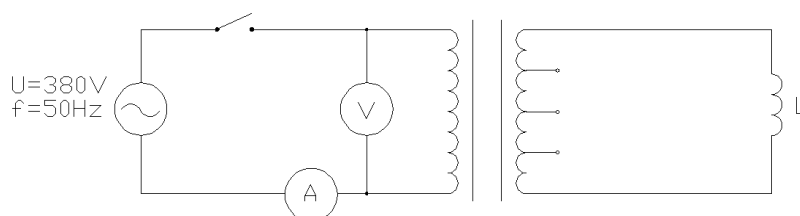
## Materiał i metoda

Stymulację sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym przeprowadzono solenoidem (cewka z rdzeniem powietrznym). Solenoid jest jednym z możliwych urządzeń, które spełniało podstawowe założenie badawcze, że indukcja magnetyczna powinna być jednorodna na całej powierzchni sadzeniaka. Schemat solenoidu opracowanego i wykonanego przez autorów przedstawia rys. 1, schemat układu elektrycznego urządzenia – rys. 2 wizualizację rozkładu pola magnetycznego wewnątrz solenoidu – rys. 3, a rzeczywistą charakterystykę indukcji magnetycznej solenoidu – rys. 4.

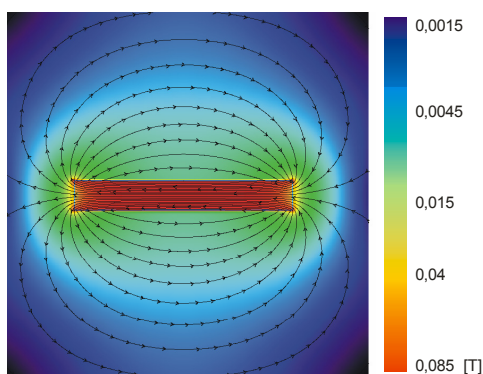


Rys. 1. Budowa solenoidu zastosowanego do stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym: 1 – klamra zasilająca; 2 – wylot cieczy chłodzącej; 3 – wlot cieczy chłodzącej; 4 – przewody zasilające; 5 – bulwy ziemniaka; 6 – karkas; 7 – uzwojenie

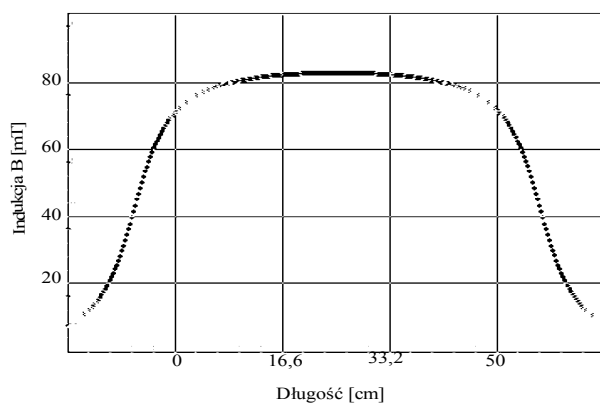
Fig. 1. Construction of the solenoid used for stimulation of seed-potatoes with a variable magnetic field: 1 – feeder clamp; 2 – outlet of the cooling agent; 3 – inlet of the cooling agent; 4 – feeders; 5 – potato bulbs; 6 – carcass; 7 – winding



Rys. 2. Schemat układu elektrycznego  
Fig. 2. Diagram of the electrical system



Rys. 3. Wizualizacja rozkładu pola magnetycznego wykonana programem Vizmag 3.15  
Fig. 3. Visualisation of the magnetic field distribution carried out using the Vizmag 3.15 program



Rys. 4. Charakterystyka indukcji magnetycznej solenoidu wykonana teslomierzem SMS 102 Smart Magnetic Sensor  
Fig. 4. Characteristics of the magnetic induction of the solenoid, prepared with the use of the teslameter SMS 102 Smart Magnetic Sensor

Dla określenia jednorodności indukcji wewnątrz solenoidu przeprowadzono wizualizację rozkładu pola magnetycznego urządzenia za pomocą programu Vizmag 3.15 (rys. 3.). Uzyskany obraz porównano z wartościami rzeczywistymi indukcji uzyskanymi teslometrem SMS 10Z. Smart Magnetic Sensor i na tej podstawie wykreślono rzeczywistą charakterystykę indukcji magnetycznej solenoidu (rys. 4.). Dla wyeliminowania efektu termicznego zastosowano wodne chłodzenie solenoidu. Wykonany solenoid umożliwia uzyskanie pola magnetycznego o indukcji do 80 mT. W badaniach zastosowano trzy poziomy indukcji magnetycznej 20 mT, 40 mT i 80 mT, pięć czasów ekspozycji sadzeniaków w polu magnetycznym 5s, 45s, 450s, 1500s i 3600s i trzy dawki ekspozycyjne 1145,9 kJ·m<sup>-3</sup>·s, 4583,6 kJ·m<sup>-3</sup>·s i 18334,6 kJ·m<sup>-3</sup>·s obliczone następująco [Pietruszewski, 1999]:

$$D = \frac{10^7}{4} \pi \cdot B^2 \cdot t_e \quad [\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}]$$

gdzie:

- $D$  – dawka ekspozycyjna [J·m<sup>-3</sup>·s],
- $B$  – indukcja magnetyczna [T],
- $t_e$  – czas ekspozycji [s].

Badania przeprowadzono na próbie bulw zebranych z 12 roślin ziemniaka dla każdej kombinacji doświadczenia z 3 replikacjami. Współczynniki kształtu określono na podstawie pomiarów długości (a), szerokości (b) i grubości (c) bulwy, wyznaczając:

- współczynnik wydłużenia bulw jako a:b, a:c oraz
- współczynnik spłaszczenia bulw jako b:c.

Do badań przyjęto odmianę Vineta, której bulwy mają kształt okrągło-owalny o współczynniku regularności kształtu 7 w skali 9-stopniowej (1 – najgorszy, 9 – najlepszy). Okres badań wynosił 2 lata.

## Analiza wyników badań

Uzyskane wyniki badań przedstawiono w tab. 1, 2 i 3. Przedstawiają one zależność współczynników kształtu bulw od wielkości indukcji magnetycznej, czasów ekspozycji i dawek ekspozycyjnych zastosowanych do stymulacji sadzeniaków ziemniaków bezpośrednio przed posadzeniem. Wartości przedstawione w tab. 1 wskazują, że bulwy uzyskane z materiału poddanego stymulacji magnetycznej mają współczynniki kształtu istotnie różniące się od bulw niestymulowanych z próby kontrolnej. Współczynniki kształtu bulw stymulowanych są niższe niż bulw z próby kontrolnej, co oznacza, że bardziej pasują do wzorca odmianowego pod względem kształtu bulw. W przypadku współczynnika wydłużenia (a:c) najlepszy efekt uzyskano dla indukcji niższych to jest 20 mT i 40 mT, dla współczynnika a:b dla indukcji 80 mT, a dla współczynnika spłaszczenia b:c również dla indukcji niższych (20 mT i 40 mT). Średnia wartość współczynnika a:c bulw stymulowanych magnetycznie wyniosła 1,34 a bulw niestymulowanych 1,43, współczynnika a:b 1,13 dla bulw stymulowanych i 1,16 dla bulw niestymulowanych, a dla współczynnika b:c odpowiednio 1,19 dla bulw stymulowanych i 1,23 dla bulw niestymulowanych. Można więc stwierdzić, że stymulacja magnetyczna sadzeniaków polem o indukcjach 20 mT – 80 mT

Wpływ stymulacji...

ogranicza wpływ czynników powodujących zniekształcanie bulw potomnych, co oznacza, że są one bardziej zbliżone do wzorca odmianowego.

Tabela 1. Zależność współczynników kształtu bulw od wielkości indukcji magnetycznej zastosowanej do stymulacji sadzeniaków

Table 1. Dependence of bulb shape coefficients on the value of magnetic induction used for stimulation of seed-potatoes

Czynnik	Współczynniki kształtu					
	a:c		b:c		a:b	
Indukcja elektromagnetyczna B [mT]	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
Kontrola	1,43	0,27	1,23	0,18	1,16	0,15
20 mT	1,34	0,18	1,18	0,11	1,14	0,13
40 mT	1,33	0,21	1,18	0,12	1,13	0,15
80 mT	1,36	0,44	1,21	0,41	1,12	0,14

Tabela 2. Zależność współczynników kształtu bulw od wartości dawek ekspozycyjnych zastosowanych do stymulacji sadzeniaków

Table 2. Dependence of bulb shape coefficients on the values of exposure doses used for stimulation of seed-potatoes

Czynnik	Współczynniki kształtu					
	a:c		b:c		a:b	
Czas stymulacji [s]	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
Kontrola	1,43	0,27	1,23	0,18	1,16	0,15
5	1,34	0,20	1,18	0,11	1,13	0,15
45	1,32	0,19	1,20	0,15	1,10	0,14
450	1,35	0,19	1,19	0,12	1,14	0,14
1500	1,36	0,19	1,20	0,14	1,14	0,15
3600	1,37	0,18	1,22	0,14	1,12	0,14

\*- istotne na poziomie  $\alpha = 0,05$

Tabela 3. Zależność współczynników kształtu bulw od wartości dawek ekspozycyjnych zastosowanych do stymulacji sadzeniaków

Table 3. Dependence of bulb shape coefficients on the values of exposure doses used for stimulation of seed-potatoes

Dawka ekspozycyjna [kJ·m <sup>-3</sup> ·s]	Współczynniki kształtu					
	a:c		b:c		a:b	
	1	2	1	2	1	2
Kontrola	1,43	1,43	1,23	1,22	1,16	1,17
1 145,9	1,33	1,35	1,18	1,19	1,13	1,13
4 583,6	1,33	1,36	1,19	1,21	1,13	1,15
18 334,6	1,43	1,45	1,27	1,27	1,14	1,16

Wpływ czasu stymulacji sadzeniaków (tab. 2) na kształt bulw potomnych również okazał się pozytywny i statystycznie istotny. Jak chodzi o współczynniki wydłużenia bulw (a:c i a:b), to najkorzystniejsze efekty uzyskano dla czasu wynoszącego 45s, gdzie odpowiednie wartości wyniosły 1,32 i 1,10 w stosunku do próby kontrolnej, gdzie wartości te wyniosły 1,43 i 1,16. Natomiast dla współczynnika spłaszczenia (b:c) najlepszy efekt uzyskano dla czasu stymulacji wynoszącego 5s, gdzie wartość tego współczynnika wyniosła 1,18, a dla próby kontrolnej 1,23. Generalnie można stwierdzić, że krótkie czasy stymulacji bulw dawały efekty lepsze niż czasy długie. Średnie wartości współczynników wydłużenia wyniosły 1,34 i 1,12 dla bulw stymulowanych oraz 1,43 i 1,16 dla bulw próby kontrolnej. Potwierdzono zatem pozytywny wpływ stymulacji sadzeniaków polem magnetycznym o różnych czasach ekspozycji na regularność kształtu bulw ziemniaka roślin potomnych. Czynnikiem łączącym w sobie wpływ zarówno indukcji magnetycznej, jak i czasu ekspozycji bulw w polu magnetycznym jest dawka ekspozycyjna. Wpływ różnych dawek ekspozycyjnych na współczynniki kształtu bulw ziemniaka przedstawiono w tab. 3. Przedstawione w tej tabeli wyniki potwierdzają spostrzeżenia oparte na wynikach z tabel 1 i 2 dotyczące pozytywnego wpływu stymulacji magnetycznej na kształt bulw ziemniaka. Jednak wpływ dawek ekspozycyjnych na regularność kształtu bulw okazał się zróżnicowany. Najlepsze efekty dla wszystkich współczynników kształtu uzyskano dla dawki ekspozycyjnej najniższej ( $1145,9 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}$ ) gorsze dla dawki pośredniej ( $4583,6 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}$ ), a najgorsze dla dawki najwyższej ( $18334,6 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}$ ). Średnie wartości współczynników wydłużenia wyniosły w latach 1,36; 1,38; 1,13 i 1,14 a współczynników spłaszczenia 1,21 i 1,22 dla bulw stymulowanych oraz odpowiednio 1,43; 1,43; 1,16 i 1,17 dla współczynników wydłużenia i 1,23 oraz 1,22 dla współczynnika spłaszczenia bulw próby kontrolnej. Tak więc wpływ dawki ekspozycyjnej na regularność kształtu bulw okazał się również pozytywny i statystycznie istotny. Uzyskane wyniki potwierdziły sugerowany przez wielu autorów badających oddziaływanie pola magnetycznego na inne gatunki roślin uprawnych [Pietruszewski 2000; Podleśny, Podleśna 2004; Podleśny, Pietruszewski 2007; Rybiński i in. 2004] pozytywny wpływ zmiennego pola magnetycznego na przebieg wegetacji oraz ilościowe i jakościowe wskaźniki plonu ziemniaka (*Solanum tuberosum*) [Marks 2005; Marks, Szecówka 2010; Marks, Szecówka 2010 (oddane do druku w *Acta Agrophysica*), Pittman 1972].

## Wnioski

1. Stwierdzono istotny pozytywny wpływ indukcji magnetycznej, czasu stymulacji i dawki ekspozycyjnej na wartości współczynników kształtu bulw ziemniaka.
2. Niższe wartości indukcji magnetycznej, czasów stymulacji i dawek ekspozycyjnych wykazały lepszy efekt oddziaływania na kształt bulw roślin potomnych niż wartości wyższe (regularność kształtu była lepsza w przypadku dawek niższych).
3. Porównując współczynniki kształtu bulw stymulowanych i niestymulowanych (kontrola) można stwierdzić, że zmienne pole magnetyczne działa hamująco na deformację bulw wywołaną czynnikami modyfikującymi (największe odchylenie od wzorca odmianowego zaobserwowano dla bulw niestymulowanych magnetycznie).

## Bibliografia

- Bombik A., Stopa D., Rymuza K., Markowska M.** 2008. Zmienność i współzależność między niektórymi cechami jakości ziemniaka jadalnego w Sieci Handlowej Siedlec. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura* 7(1). s. 17-26.
- Głuska A.** 1997. Wpływ nawadniania na jakość plonu bulw ziemniaków. *Ziemniak Polski*. Nr 3. s. 11-18.
- Głuska A.** 1999. Najważniejsze elementy technologii uprawy kształtującej jakość bulw. *Ziemniak Polski*. Nr 1. s. 11-14.
- Krzysztofik B., Nawara P.** 2007a. Wpływ rozłogu bulw pod krzakiem ziemniaka na ich cechy jakościowe. *Acta Agrophysica* 148, Vol. 9(3). Lublin. s. 665-672.
- Marks N.** 2005. Wpływ zmiennego pola magnetycznego na straty przechowalnicze bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 10(70). Kraków. s. 295-302.
- Marks N., Baran D., Sobol Z.** 2006. Wpływ wymiarów na zależność pomiędzy kształtem a objętością bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 12(87). Kraków. s. 341-349.
- Marks N., Szecówka P.** 2010. Impact of variable magnetic field stimulation on growth of above-ground parts of potato plants. *International Agrophysics*. Vol. 24 No2. Lublin. s. 165-170.
- Marks N., Szecówka P.** 2010. Wpływ stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym na plonowanie ziemniaków. Oddano do druku w *Acta Agrophysica*.
- Nawara P., Krzysztofik B.** 2007b. Pomiar metodą wideo-komputerową parametrów geometrycznych bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica* 147, Vol. 9(2). Lublin. s. 443-448.
- Pietruszewski S.** 1999. Magnetyczna biostymulacja materiału siewnego pszenicy jarej. *Rozprawy naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie* (220). AR Lublin. ISSN. 0860-4355.
- Pietruszewski S.** 2000. Wpływ pola magnetycznego na plony buraka cukrowego odmian Kalwia i Polko. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 5. Warszawa. s. 207-214.
- Pittman U.J.** 1972. Biomagnetic responses in potatoes. *Can. J. Plant Sci.* 52. s. 727-733.
- Podleśny J., Pietruszewski S.** 2007. Wpływ stymulacji magnetycznej nasion na wzrost i plonowanie grochu siewnego uprawianego przy różnej wilgotności gleby. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 8(96). Kraków. s. 207-212.
- Podleśny J., Podleśna A.** 2004. Wpływ traktowania nasion polem magnetycznym na wzrost, rozwój i dynamikę gromadzenia masy bobiku (Wicia faba minor). *Acta Agrophysica*. 4(3). Lublin. s. 787-801.
- Rybiński W., Pietruszewski S., Kornarzyński A.** 2004. Analiza wpływu pola magnetycznego i promieni gamma na zmienność elementów plonowania jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agrophysica*. 3(3), Lublin. s. 579-591.
- Skwarska O.** 2002. Identyfikacja miar ilościowych do oceny kształtu bulw ziemniaków. *Problemy inżynierii Rolniczej*. R. 10. Nr 3. s. 37-44.
- Sobol Z., Baran D., Marks N.** 2005. Relacje pomiędzy objętością a kształtem bulw wybranych odmian ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 7(67). Kraków. s. 289-295.
- Trawczyński C.** 2009. Ziemniak lubi nawadnianie. Dostępny w Internecie: [http://www.wrp.pl/Indhold/sider/show\\_article-7/default.aspx?id=7323](http://www.wrp.pl/Indhold/sider/show_article-7/default.aspx?id=7323)
- Zarzyńska K.** 1997. Czynniki wpływające na kształt i wielkość bulw ziemniaka. *Ziemniak Polski*. Nr 4. Bonin k/Koszalina. s. 4-10.
- Praca zbiorowa. W drodze do przemysłu przetwórczego. Dostępny w Internecie 4.03.2010. [www.nivaa.nl/doc/ontheroad\\_po.pdf?PHPSESSID=e06f0384db6337e9867fcad5535do26b](http://www.nivaa.nl/doc/ontheroad_po.pdf?PHPSESSID=e06f0384db6337e9867fcad5535do26b)

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006-2008 w ramach projektu badawczego Nr N31004631/2243.*

## **IMPACT OF THE STIMULATION OF SEED-POTATOES WITH A VARIABLE MAGNETIC FIELD ON THE SHAPE OF POTATO BULBS**

**Abstract.** The work contains results of tests of the impact of the variable magnetic field used for stimulation of seed-potatoes on the shape of potato bulbs (*Solanum Tuberosum*) of daughter plants. The shape was evaluated with the use of the coefficient of sphericity (elongation and flattening), which is an a:c, a:b and b:c relation. The kind of potato used for the analysis was the Vineta variety. The performed tests proved the statistically important impact of the variable magnetic field on the shape of potato bulbs. The comparison of coefficients of the shape of stimulated and unstimulated bulbs (check) suggests that the magnetic field hinders the deformation of bulbs caused by modification agents.

**Key words:** solenoid, magnetic field, magnetic induction, time, exposure dose, potato bulb, bulb shape

**Adres do korespondencji:**

Norbert Marks; e-mail: [Norbert.Marks@ur.krakow.pl](mailto:Norbert.Marks@ur.krakow.pl)  
Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 116B  
30-149 Kraków