

## WPŁYW STYMULACJI SADZENIAKÓW ZMIENNYM POLEM MAGNETYCZNYM NA PLONOWANIE ZIEMNIAKÓW\*

*Norbert Marks<sup>1</sup>, Przemysław Szecówka<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych  
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja  
ul. Balicka 116 B, 30-149 Kraków  
e-mail: norbert.marks@ur.krakow.pl

<sup>2</sup>Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Zakład Roślin Zbożowych  
ul. Zawia 4, 30-423 Kraków

**Streszczenie.** W pracy zawarto wyniki badań nad wpływem zmiennego pola magnetycznego zastosowanego do stymulacji bulw sadzoniaków na wysokość plonu bulw ziemniaków (*Solanum tuberosum*) oraz jego strukturę masową (g) i wielkością (mm). Liczebność próby wynosiła 50 sztuk bulw w trzech powtórzeniach. Do stymulacji zastosowano solenoid wytwarzający zmienne pole magnetyczne o indukcjach 20 mT, 40 mT i 80 mT. Czas stymulacji sadzoniaków wynosił 5, 45, 450, 1500 i 3600 s, a dawki ekspozycyjne 1146 kJ·m<sup>-3</sup>·s, 4584 kJ·m<sup>-3</sup>·s i 18335 kJ·m<sup>-3</sup>·s. Doświadczenie połowe przeprowadzono metodą łanową w trzech powtórzeniach. Uzyskane wyniki jednoznacznie (istotnie statystycznie) wskazują na pozytywny wpływ stymulacji sadzoniaków zmiennym polem magnetycznym na wysokość plonu ogólnego i handlowego bulw oraz jego strukturę masową i wielkością zarówno w odniesieniu do zastosowanych indukcji magnetycznych, jak i dawek ekspozycyjnych.

Słowa kluczowe: ziemniak, pole magnetyczne, solenoid, plon bulw

### WPROWADZENIE

Pole magnetyczne mogące mieć wpływ na aktywność układów enzymatycznych i fitohormonalnych w bulwach sadzoniaków może tym samym wpływać na przyspieszenie procesów wzrostu i rozwoju oraz na zwiększenie odporności roślin potomnych na niesprzyjające warunki środowiska, co powinno stymulować prze-

---

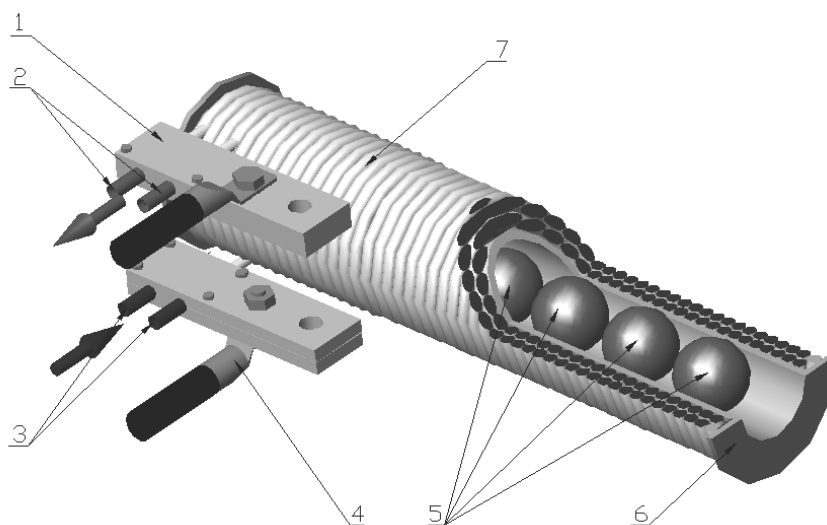
\*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006-2008 w ramach projektu badawczego Nr 310 04631/2243.

bieg wegetacji, a przez to podnosić wysokość plonu. Pierwsze doniesienie naukowe nad wpływem stałego pola magnetycznego o indukcji 115 mT na przebieg wegetacji i plon ziemniaka ukazało się w 1972 r. (Pittman 1972). Stymulując takim polem magnetycznym oczka bulw sadzeniaków uzyskano w efekcie wzrost plonu handlowego bulw o 20% (Pittman 1972). Stwierdzono również pozytywny wpływ stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym o indukcjach 20, 40 i 80 mT na przebieg wegetacji części nadziemnych ziemniaka (Marks i Szecówka 2009) oraz stymulacji zmiennym polem magnetycznym o indukcjach 0,9; 1,8; 3,6 i 5,5 T na trwałość przechowalniczą bulw mierzoną stratami i ubytkami naturalnymi oraz stratami chorobowymi (Marks 2005). Badania nad stymulacją magnetyczną nasion lub siewek innych gatunków roślin również potwierdzają pozytywny wpływ pola magnetycznego stałego lub zmiennego na przebieg procesów wzrostu i rozwoju oraz plonu roślin potomnych. Przedsięwzięta stymulacja nasion zbóż i warzyw m.in. pszenicy, jęczmienia, cebuli, kapusty, rzodkiewki, rzodkwi, ogórka polem magnetycznym poprawiła zdolność kiełkowania nasion, wschody i plon roślin, co potwierdzają Hirota i in. (1999), Pietruszewski i Kornarzyński (1999), Rochalska (2002), Pietruszewski i in. (2002a), Pietruszewski i in. (2002b), Pietruszewski i in. (2002c), Prokop i in. (2001), Kordas (2002), Pietruszewski (1993), Kornarzyński i in. (2004), Prokop i in. (2002a), Prokop i in. (2002b), Davis (1996), Rybiński i in. (2004), Kornarzewski i Pietruszewski (2005), Rochalska (2002b) oraz Podleśny i Sowiński (2005), Podleśny i Pietruszewski (2007) przy stymulacji grochu siewnego, Podleśny i Podleśna (2004) dla bobiku, Podleśny i in. (2004) dla łubinu białego, Kornarzyński i Pietruszewski (2008) dla fasoli, Pietruszewski (2000) dla plonowania buraka cukrowego, Rochalska (1997) dla kiełkowania nasion kukurydzy, Fisher i in. (2004) dla słonecznika. Brak w dostępnej literaturze szerszych informacji na temat wpływu zmiennego pola magnetycznego na wzrost, rozwój i plonowanie ziemniaka oraz obiecujące efekty uzyskane przez cytowanych autorów w odniesieniu do innych gatunków roślin uprawnych, były podstawą do rozpoczęcia prac badawczych nad wpływem zmiennego pola magnetycznego na przebieg wegetacji ziemniaka. Celem niniejszego opracowania jest wykazanie wpływu stymulacji sadzeniaków ziemniaków zmiennym polem magnetycznym na wysokość plonu ogólnego i handlowego, strukturę plonu i średnią masę bulwy w plonie.

#### MATERIAŁ I METODA

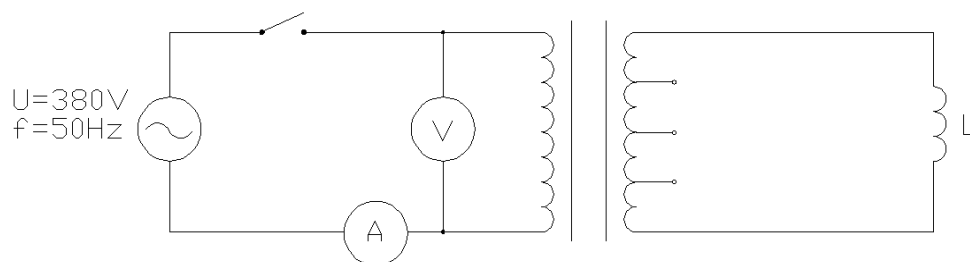
Podstawowe założenie badawcze zakładało, że indukcja magnetyczna powinna być jednorodna na całej powierzchni bulwy (sadzeniaka) tak, aby jednakowo stymulować rozwój oczek (grupa pączków wegetatywnych w stanie uśpienia) i procesów fizjologicznych odpowiedzialnych za proces kiełkowania bulw. Jed-

nym z urządzeń spełniających to założenie jest solenoid i to on został wykorzystany w doświadczeniu do wytworzenia zmiennego pola magnetycznego. Schemat solenoidu, będącego oryginalnym urządzeniem opracowanym i wykonanym przez autorów przedstawia rysunek 1, schemat układu elektrycznego urządzenia – rysunek 2, a wizualizację rozkładu pola magnetycznego solenoidu – rysunek 3.



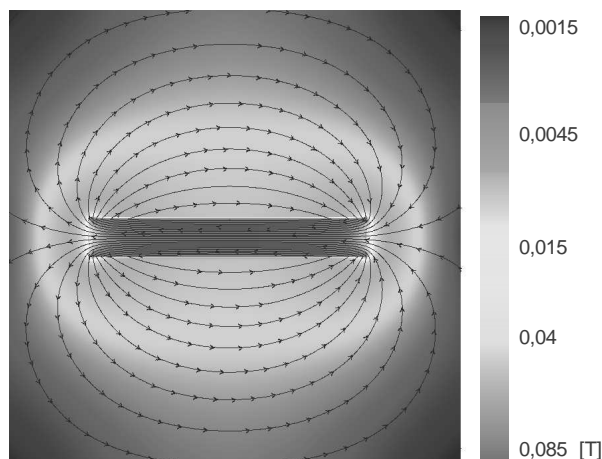
**Rys. 1.** Schemat solenoidu do magnetycznej stymulacji sadzeniaków ziemniaka: 1 – kłama zasila-  
jąca; 2 – wylot cieczy chłodzącej; 3 – wlot cieczy chłodzącej; 4 – przewody zasilające; 5 – bulwy  
ziemniaka; 6 – karkas; 7 – uzwojenie (Szecówka 2008)

**Fig. 1.** Diagram of the solenoid for magnetic stimulation of seed-potatoes: 1 – supply clamp; 2 –  
cooling agent outlet; 3 – cooling agent inlet; 4 – power cables; 5 – potato tubers; 6 – carcass; 7 –  
winding (Szecówka 2008)



**Rys. 2.** Schemat układu elektrycznego solenoidu (Szecówka 2008)

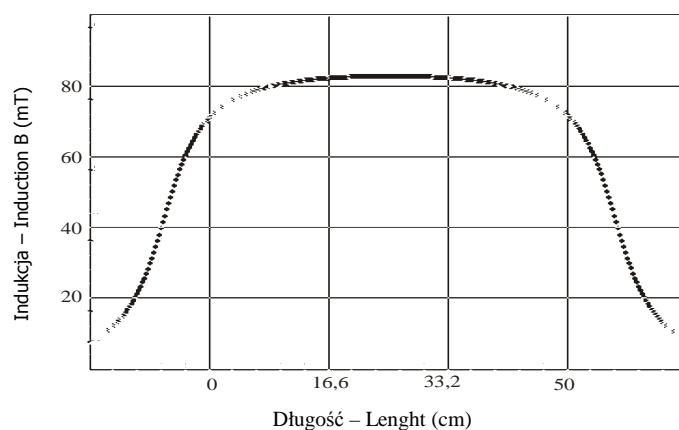
**Fig. 2.** Diagram showing solenoid electrical system (Szecówka 2008)



**Rys. 3.** Wizualizacja rozkładu pola magnetycznego wewnątrz solenoidu, wykonana przy pomocy programu Vizmag 3.15 (Szecówka 2008)

**Fig. 3.** Visualisation of magnetic field distribution inside the solenoid, created using the Vizmag 3.15 application (Szecówka 2008)

Program Vizmag 3.15 pozwala na wizualizację rozkładu pola magnetycznego wewnątrz wzbudnika oraz w promieniu jego działania. Wyniki wizualizacji porównano z wartościami rzeczywistymi zarejestrowanymi teslomierzem SMS 102 Smart Magnetic Sensor i na tej podstawie wykreślono rzeczywistą charakterystykę indukcji magnetycznej solenoidu, którą przedstawiono na rysunku 4.



**Rys. 4.** Charakterystyka indukcji magnetycznej wewnątrz solenoidu (Szecówka 2008)

**Fig. 4.** Characteristics of magnetic induction inside the solenoid (Szecówka 2008)

Wykonany solenoid umożliwia uzyskanie pola magnetycznego o indukcjach do 80 mT, stąd do badań przyjęto indukcje o wartościach 20 mT, 40 mT i 80 mT. Czasy ekspozycji wynoszą 5, 45, 450, 1500 i 3600 s. Interakcja czynników – indukcja magnetyczna i czas stymulacji pozwala na określenie wpływu obydwu parametrów na przebieg wegetacji ziemniaka. Połączenie wpływu tych parametrów pozwala na określenie (obliczenie) dawki ekspozycyjnej zgodnie z zależnością 1 (Pietruszewski 1999):

$$D = \frac{10^7}{4\pi} \cdot B^2 \cdot t_e \quad (1)$$

gdzie:  $D$  – dawka ekspozycyjna, ( $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$ ),  $B$  – indukcja magnetyczna (T),  $t_e$  – czas ekspozycji (s).

Dawki ekspozycyjne przyjęto dla indukcji 20, 40 i 80 mT oraz jednego czasu ekspozycji wynoszącego 3600 s. W rezultacie zastosowano 3 dawki ekspozycyjne o następujących wartościach:  $1146 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$ ,  $4584 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$  i  $18335 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$ , czyli takie same jak w pracy Marksa i Szczótki (2009). Uzyskane wyniki odniesiono do próby bulw niestymulowanych magnetycznie, która stanowi próbę kontrolną. W celu określenia wysokości plonu, obliczono plon dla każdej kombinacji i powtórzenia doświadczenia i przeliczono na  $\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Określono również średnią masę pojedynczej bulwy dla plonu ogólnego i plonu handlowego obejmującego bulwy frakcji wymiarowych powyżej 40mm dla każdej frakcji wymiarowej oraz strukturę plonu przyjmując następujące frakcje wymiarowe: <30 mm, 30-40 mm, 40-50 mm, 50-60 mm i >60 mm, dla każdej kombinacji i powtórzenia doświadczenia. Badania polowe przeprowadzono na wczesniej odmianie Vineta w okresie 2 lat (lata 2006 i 2007). Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy zastosowaniu analizy wariancji w klasyfikacji pojedynczej i testu Duncana. Całość badań przeprowadzono w obiektach Katedry Techniki Rolno-Spożywczej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

## WYNIKI BADAŃ

Uzyskane wyniki badań przedstawiono w tabelach 1-7 oraz na rysunkach 5 i 6. Przedstawiają one wpływ indukcji magnetycznej, czasu stymulacji oraz dawki ekspozycyjnej na wysokość (wielkość) i strukturę plonu oraz masę pojedynczej bulwy ziemniaka w odniesieniu do próby kontrolnej (bulwy nie stymulowane magnetycznie). Wpływ przyjętych poziomów indukcji (tab. 1 i 2 oraz rys. 5) na wielkość plonu ogólnego, był statystycznie istotny. Przyjmując plon próby kontrolnej za 100%, to dla indukcji 20 i 40 mT wzrost plonu wyniósł 7%, a dla indukcji 80 mT 10%. Również średnia masa pojedynczej bulwy, pochodzącej z materiału stymulowanego magnetycznie była większa niż bulwy z próby kontrolnej średnio o 6%. Wielkość plonu

rosła wraz z wielkością indukcji i najwyższa była dla indukcji 80 mT. Pittman, stymulując oczka bulwy ziemniaka stałym polem magnetycznym o natężeniu 115 mT, uzyskała zwiększenie plonu handlowego bulw o 20% (Pittmann 1972). Oceniając wpływ indukcji na procentową i masową strukturę plonu, stwierdzono zwiększenie się masy bulw pod wpływem stymulacji magnetycznej we wszystkich frakcjach wymiarowych w stosunku do kontroli. Średni przyrost masy bulwy wynosił 7% dla frakcji do 30 mm, 3% dla frakcji 30-40 mm, 13% dla frakcji 40-50 mm, 12% dla frakcji 50-60 mm i 35% dla frakcji powyżej 60 mm. Szczególnie istotnym jest przyrost masy bulw masowo największych, bo to one decydują o wielkości plonu. Zatem i w tym przypadku stymulacja bulw sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym o indukcjach 20, 40, i 80 mT wykazała korzystny wpływ na uzyskaną strukturę plonu bulw. Można więc stwierdzić, że indukcja magnetyczna wpływa pozytywnie zarówno na wielkość plonu bulw, jak i jego strukturę. Nieco inne wyniki uzyskano oceniając procentową strukturę plonu ogólnego bulw. Tu w 3 przypadkach uzyskano przyrost a w 2 przypadkach spadek w porównaniu z próbą kontrolną. W ogólnym jednak bilansie przyrosty w poszczególnych frakcjach były większe od spadków, co w sumie dało efekt pozytywny. Najważniejszą jednak miarą jest plon, który zarówno w odniesieniu do plonu ogólnego, jak i handlowego (bulwy o średnicy lub szerokości pow. 40 mm) wykazał wzrost w stosunku do próby kontrolnej, co potwierdza, że stymulacja zmiennym polem magnetycznym wyrażona tu indukcją o wartościach 20, 40 i 80 mT wywarła korzystny wpływ na wielkość plonu. Oceniając wpływ poszczególnych indukcji pola magnetycznego stwierdzono, że wszystkie z nich wywarły korzystny wpływ na wielkość plonu w porównaniu z próbą kontrolną, a uzyskany trend wskazał, że w miarę wzrostu indukcji magnetycznej zwiększała się wielkość plonu, osiągając najwyższą wartość dla indukcji 80 mT.

**Tabela 1.** Zależność pomiędzy wielkością indukcji magnetycznej a ogólnym plonem bulw ziemniaków ( $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

Indukcja magnetyczna B Magnetic induction B (mT)	Średnia masa bulwy Average tuber mass (g)	Plon ogólny Total yield ( $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Procent przyrostu plonu Yield growth percent (%)
Kontrola Control	39	210	100
20	42	225	107
40	41	225	107
80	42	231	110

**Tabela 2.** Zależność pomiędzy wielkością indukcji magnetycznej a strukturą plonu ogólnego bulw ziemniaka

**Table 2.** Relationship between the level of the magnetic induction and the structure of the total yield of potato tubers

Frakcja Fraction (mm)	Czynnik – Agent		Masa bulw Mass of tubers (g)		Udział frakcji w plonie Fraction share in yield (%)
	Indukcja magnetyczna B Magnetic induction B (mT)		$\bar{x}$	$\sigma$	
do 30	Kontrola – Control		7,7	7,49	4,66
	20		9,5	6,35	5,81
	40		9,7	6,29	6,44
	80		9,8	6,24	6,70
30-40	Kontrola – Control		28,8	17,38	17,80
	20		29,5	12,05	16,69
	40		29,3	9,52	16,58
	80		29,8	17,50	17,15
40-50	Kontrola – Control		44,4	11,24	35,70
	20		50,8	11,77	39,92
	40		49,4	12,28	36,95
	80		50,6	12,26	34,59
50-60	Kontrola – Control		73,5	14,97	30,47
	20		81,4	18,62	25,84
	40		83,5	20,36	28,71
	80		82,4	19,44	26,77
>60	Kontrola – Control		99,0	21,42	11,37
	20		131,3	36,98	11,60
	40		136,8	40,83	11,30
	80		135,0	31,13	14,78
Plon główny Total yield (dt·ha <sup>-1</sup> )	Kontrola – Control		39,1	28,34	100
	20		42,1	32,05	
	40		41,6	33,05	
	80		42,8	34,65	
Plon handlowy Commercial yield (dt·ha <sup>-1</sup> )	Kontrola – Control		58,1	22,68	77,54
	20		64,9	28,53	77,36
	40		65,5	30,85	76,96
	80		68,1	31,31	76,14

 $\bar{x}$  – średnia masa bulwy (g),  $\sigma$  – odchylenie standardowe.

Przyjęte do badań czasy ekspozycji (stymulacji) (tab. 3 i 4 oraz rys. 6) miały zróżnicowany wpływ na wielkość i strukturę plonu bulw ziemniaka. O ile wpływ czasu stymulacji na średnią masę bulwy był w porównaniu z kontrolą pozytywny, o tyle jego wpływ na wielkość plonu ogólnego był zróżnicowany. Najlepsze efekty uzyskano dla krótkich czasów stymulacji (5-450 s), gdzie przyrost plonu wyniósł od 9 do 12% w stosunku do kontroli. Dla czasu 1200 s zaobserwowano spadek plonu (96% w odniesieniu do kontroli), a dla czasu 3600 s przyrost plonu wyniósł 7% w porównaniu z próbą kontrolną. Obserwuje się systematyczny spadek wielkości plonu wraz ze wzrostem czasu stymulacji od  $236 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$  do  $202 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Porównując relację pomiędzy średnią masą bulwy a wielkością plonu ogólnego, można stwierdzić, że zwiększanie czasu stymulacji wpłynęło na zmniejszenie liczby bulw na jednostce powierzchni, co mogło być jedną z przyczyn uzyskanego spadkowego trendu plonu. Dla przykładu dla czasu 5 s średnia masa bulwy w plonie wyniosła 44 g, a uzyskany plon ogólny wyniósł  $236 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ , dla czasu 3600 s uzyskano taką samą średnią masę bulwy (44 g), a uzyskana wielkość plonu wyniosła  $225 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Oceniając wpływ czasu stymulacji na masową i procentową strukturę plonu, stwierdzono podobnie, jak przy plonie ogólnym przyrost średniej masy bulw stymulowanych dla wszystkich przyjętych frakcji wielkościowych w porównaniu z kontrolą. Jednak najlepszy efekt uzyskano dla czasów 5 s i 3600 s. Natomiast struktura procentowa wskazuje na przyrost udziału bulw w stosunku do próby kontrolnej dla frakcji do 30 mm, 40-50 mm i powyżej 60 mm oraz na spadek udziału dla frakcji 30-40 mm i 50-60 mm. Pozytywny wpływ czasu stymulacji na przyrost średniej masy bulwy uzyskano zarówno w odniesieniu do plonu ogólnego, jak i plonu handlowego. Oceniając wpływ przyjętych czasów stymulacji na wielkość i strukturę plonu bulw można stwierdzić, że najkorzystniejszy wpływ wywarły tu czasy stymulacji 5 s i 3600 s. Stosowane indukcje magnetyczne i czasy ekspozycji pozwoliły na określenie jeszcze jednego parametru oceny czyli dawki ekspozycyjnej, która ujmuje zarówno wpływ indukcji magnetycznej, jak i czas ekspozycji. Przyjęte w badaniach dawki ekspozycyjne stosowano dla 2 lat badań oceniając ich wpływ na wielkość plonu ogólnego i handlowego oraz na strukturę plonu ogólnego. Zastosowane w badaniach dawki ekspozycyjne (tab. 5-7) wykazały korzystny wpływ zarówno na średnią masę bulwy w plonie, jak i na przyrost plonu ogólnego i handlowego. Dla badanych zmiennych zależnych (plon i średnia masa bulwy) uzyskano jednakowy trend wskazujący na ich wzrost w miarę zwiększania dawki ekspozycyjnej, osiągając najwyższe wartości we wszystkich przypadkach dla dawki  $18335 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}$ . Porównanie wysokości plonu uzyskanego z bulw stymulowanych magnetycznie z próbą kontrolną wskazuje, że w pierwszym roku badań uzyskano przyrost plonu ogólnego o 29%, a handlowego o 30%, ale tylko dla maksymalnej dawki ekspozycyjnej, a w drugim roku badań dla wszystkich poziomów ekspozycji od 2% do 26% dla plonu ogólnego i od 6% do 44% dla plonu handlowego. Różnice w wysokości plonu pomiędzy latami badań spowo-



dowane zostały warunkami klimatycznymi ponieważ warunki agrotechniczne doświadczenia były takie same. Wpływ dawki ekspozycyjnej na strukturę plonu okazał się podobny, jak dla pozostałych czynników (indukcja i czas ekspozycji), powodując przyrost zarówno średniej masy bulwy, jak i frakcji wymiarowo największych, co w efekcie przełożyło się na przyrost plonu. Oceniając wpływ dawki ekspozycyjnej będącej interakcją indukcji magnetycznej i czasu ekspozycji, stwierdzono jednoznacznie, że w miarę wzrostu przyjętych dawek ekspozycyjnych uzyskano przyrost plonu ogólnego i handlowego bulw oraz średniej masy bulwy w plonie, co wskazuje na pozytywny wpływ stymulacji magnetycznej bulw sadzeniaków na przyjęte parametry oceny.

**Tabela 3.** Zależność pomiędzy czasem stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym a plonem ogólnym bulw ziemniaków (dt·ha<sup>-1</sup>)

**Table 3.** Relationship between time of magnetic field stimulation of seed-potatoes and the overall yield of potato tubers (dt ha<sup>-1</sup>)

Czas stymulacji Stimulation time (s)	Średnia masa bulwy Average tuber mass (g)	Plon ogólny Total yield (dt·ha <sup>-1</sup> )	Procent przyrostu lub spadku plonu Yield growth or drop (%)
Kontrola Control	39	210	100
5	44	236	112
45	39	231	110
450	40	230	109
1200	42	202	96
3600	44	225	107

**Tabela 4.** Zależność pomiędzy czasem stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym a strukturą plonu ogólnego bulw ziemniaka

**Table 4.** Relationship between time of magnetic field stimulation of seed-potatoes and the structure of the total yield of potato tubers

Frakcja Fraction (mm)	Czynnik Agent	Masa bulw Mass of tubers (g)		Udział frakcji w plonie głównym Fraction share in total yield (% mass)
	Czas stymulacji Stimulation time (s)	$\bar{x}$	$\sigma$	
<30	Kontrola Control	7,7	7,49	4,66
	5	10,0	6,39	5,38
	45	9,9	6,51	7,83
	450	9,6	6,04	7,11
	1200	9,0	6,10	5,55
	3600	9,8	6,37	5,66

**Tabela 4.cd.** Zależność pomiędzy czasem stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym a strukturą plonu ogólnego bulw ziemniaka**Table 4.** Cont. Relationship between time of magnetic field stimulation of seed-potatoes and the structure of the total yield of potato tubers

Frakcja Fraction (mm)	Czynnik Agent	Masa bulw Mass of tubers (g)		Udział frakcji w plonie głównym Fraction share in total yield (% mass)
	Czas stymulacji Stimulation time (s)	$\bar{x}$	$\sigma$	
30-40	Kontrola Control	28,8	17,38	17,80
	5	29,1	8,99	13,61
	45	31,3	14,92	19,99
	450	29,4	20,44	18,38
	1200	28,6	7,41	16,82
	3600	28,9	8,45	15,44
40-50	Kontrola Control	44,4	11,24	35,70
	5	50,8	13,01	40,76
	45	49,5	12,06	37,10
	450	50,0	11,51	36,04
	1200	50,5	12,36	37,35
	3600	50,4	11,32	34,14
50-60	Kontrola Control	73,5	14,97	30,47
	5	81,4	20,47	29,08
	45	83,4	16,49	22,02
	450	81,2	20,37	24,80
	1200	84,3	20,23	29,37
	3600	82,3	19,16	30,47
>60	Kontrola Control	99,0	21,42	11,37
	5	127,0	31,48	11,10
	45	123,9	41,25	13,00
	450	143,2	32,15	13,64
	1200	135,2	38,79	10,80
	3600	143,4	31,62	14,27

**Tabela 4.cd.** Zależność pomiędzy czasem stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym a strukturą plonu ogólnego bulw ziemniaka

**Table 4.** Cont. Relationship between time of magnetic field stimulation of seed-potatoes and the structure of the total yield of potato tubers

	Kontrola Control	39,1	28,34	
Plon główny Total yield (dt·ha <sup>-1</sup> )	5	44,3	31,92	
	45	39,2	31,93	100
	450	40,2	34,53	
	1200	42,1	32,93	
	3600	44,3	34,80	
	Kontrola Control	58,1	22,68	77,54
Plon han- dlowy Commercial yield (dt·ha <sup>-1</sup> )	5	64,9	27,81	80,94
	45	64,5	29,75	72,12
	450	66,4	31,93	74,48
	1200	66,4	29,97	77,53
	3600	68,8	31,96	78,88

—  
x – średnia masa bulwy (g)

σ – odchylenie standardowe

**Tabela 5.** Zależność pomiędzy dawką ekspozycyjną stymulacji sadzeniaków a plonem ogólnym bulw ziemniaków (dt·ha<sup>-1</sup>)

**Table 5.** Relationship between the exposure dose of seed potato stimulation and the total yield of potato tubers (dt ha<sup>-1</sup>)

Dawka ekspozycyjna Exposure dose (kJ·m <sup>-3</sup> ·s)	Średnia masa bulwy Average tuber mass (g)		Plon ogólny Total yield (dt·ha <sup>-1</sup> )		Przyrost lub spadek plonu Yield growth or drop (%)	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Kontrola Control	39	61	210	241	100	100
1146	39	60	196	247	93	102
4584	43	65	209	272	99	112
18335	49	68	271	306	129	126

**Tabela 6.** Zależność pomiędzy dawką ekspozycyjną stymulacji sadzeniaków a plonem handlowym bulw ziemniaków (dt·ha<sup>-1</sup>)

**Table 6.** Relationship between the exposure dose of seed potato stimulation and the commercial yield of potato tubers (dt ha<sup>-1</sup>)

Dawka ekspozycyjna Exposure dose (kJ·m <sup>-3</sup> ·s)	Średnia masa bulwy Average tuber mass (g)		Plon handlowy Commercial yield (dt·ha <sup>-1</sup> )		Przyrost lub spadek plonu Yield growth or drop (%)	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Kontrola Control	39	61	163	186	100	100
1146	39	60	145	199	88	106
4584	43	65	160	231	95	124
18335	49	68	227	268	139	144

**Tabela 7.** Zależność pomiędzy dawką ekspozycyjną stymulacji sadzeniaków a strukturą plonu ogólnego bulw ziemniaków

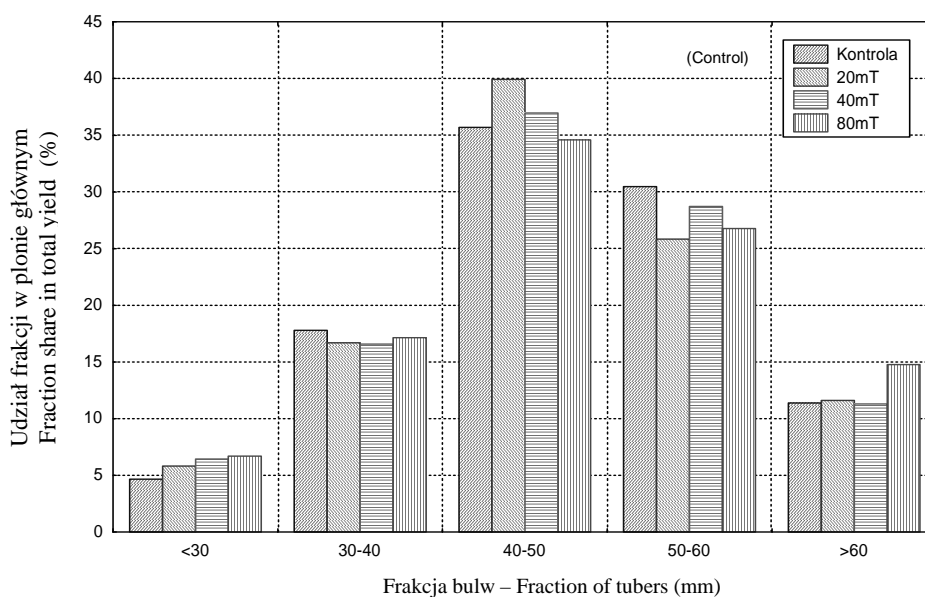
**Table 7.** Relationship between the exposure dose of seed potato stimulation and the structure of the total yield of potato tubers

Dawka ekspozycyjna Exposure dose (kJ·m <sup>-3</sup> ·s)	Fracja wymiarowa bulw Dimensional fraction of tubers (mm)	Średnia masa bulwy Average tuber mass (g)		Udział frakcji w plonie Fraction share in total yield (%)	
		2006	2007	2006	2007
Kontrola Control	<30	7	8	7,2	8,5
1146	<30	10	11	7,0	5,7
4584	<30	10	10	9,1	6,0
18335	<30	9	9	10,1	6,5
Kontrola Control	30-40	28	29	17,8	14,1
1146	30-40	28	29	18,4	13,7
4584	30-40	30	30	17,8	9,0
18335	30-40	30	30	11,1	6,5
Kontrola Control	40-50	44	47	35,7	20,5
1146	40-50	49	50	40,7	25,0
4584	40-50	50	51	34,8	19,0
18335	40-50	52	53	28,8	17,0

**Tabela 7.** Zależność pomiędzy dawką ekspozycyjną stymulacji sadzoniaków a strukturą plonu ogólnego bulw ziemniaków

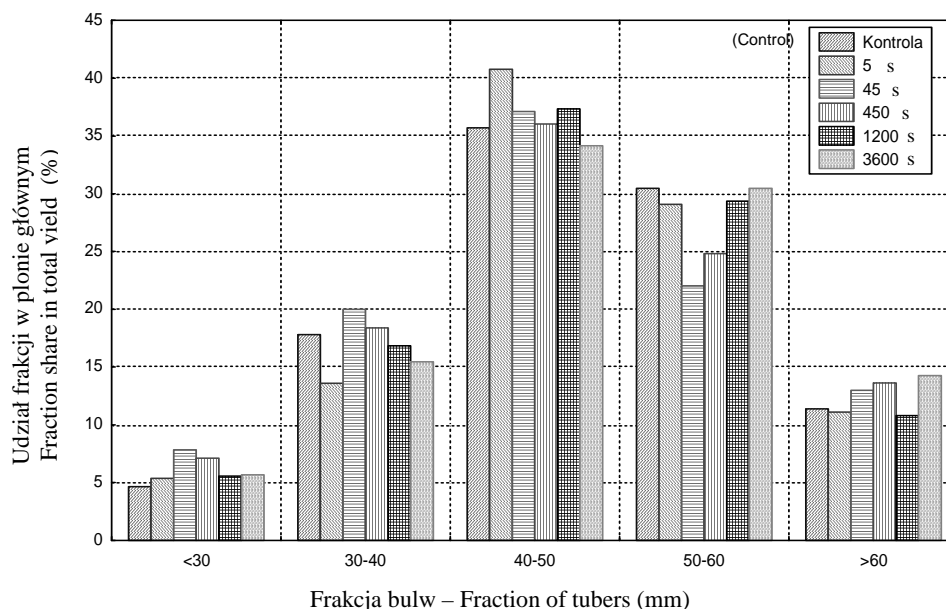
**Table 7.** Relationship between the exposure dose of seed potato stimulation and the structure of the total yield of potato tubers

Kontrola	50-60				
Control	50-60	73	88	30,5	23,0
1146	50-60	83	91	26,2	27,1
4584	50-60	81	89	31,4	35,0
18335	50-60	83	90	33,0	37,5
Kontrola	>60	106	140	8,9	33,9
Control	>60	131	161	7,2	28,5
1146	>60	152	148	6,9	31,3
4584	>60	156	153	17,1	32,5
Kontrola	Średnia masa bulwy				
Control	w plonie ogólnym		61,5		
1146	Average tuber mass		60,0		
4584	in total yield		65,8		
18335	(g)		69,0		



**Rys. 5.** Zależność pomiędzy wielkością indukcji magnetycznej a procentowym udziałem frakcji wymiarowych bulw w plonie ogólnym

**Fig. 5.** Relationship between the level of the magnetic induction and the percentage share of tuber size fraction in the total yield of tubers



**Rys. 6.** Zależność pomiędzy czasem stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym a procentową strukturą plonu ogólnego bulw ziemniaka

**Fig. 6.** Relationship between time of magnetic field stimulation of seed potatoes and the percentage structure of the total yield of potato tubers

#### WNIOSKI

1. Stwierdzono pozytywny wpływ stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym na wysokość plonu ogólnego i handlowego bulw oraz jego strukturę masową i wielkościową.
2. Wykazano istotny statystycznie wpływ przyjętych do badań indukcji magnetycznych i dawek ekspozycyjnych na wysokość plonu ogólnego i handlowego bulw oraz jego strukturę masową i wielkościową.
3. Zastosowane w badaniach czasy ekspozycyjne (stymulacji) wykazały pozytywny aczkolwiek zróżnicowany wpływ na oceniane parametry plonu bulw ziemniaków. W odniesieniu do plonu najlepsze efekty uzyskano dla krótkich czasów, a w odniesieniu do średniej masy bulwy w plonie dla długich czasów ekspozycji.

#### PIŚMIENNICTWO

Davis M.S., 1996. Effects of 60 Hz electromagnetic growth in three plant species. *Bioelectromagnetic*, 17, 154-161.

- Fisher G., Tausz M., Kock M., Grill D., 2004. Effects of weak 16,2/3 Hz magnetic fields on growth parameters of young sunflower and wheat seedlings. *Bioelectromagnetic*, 25, 638-641.
- Hirota N., Nagagawa J., Kitazawa K., 1999. Effects of a magnetic field on the germination of plants. *J. Applied Physics*, Vol. 85, 5717-5719.
- Kordas L., 2002. The effect of magnetic field on growth, development and the yield of spring wheat. *Polish Journal of Environmental Studies*, 11(5), 527-530.
- Komarzyński K., Pietruszewski S., 2005. Wpływ dużych dawek zmiennego pola magnetycznego na kiełkowanie nasion pszenicy twardej. *Acta Sci. Pol. Technica Agraria*, 4(2), 11-20.
- Komarzyński K., Pietruszewski S., 2008. Wpływ zmiennego pola magnetycznego na kiełkowanie nasion o niskiej zdolności kiełkowania. *Acta Agrophysica*, 11(2), 429-435.
- Komarzyński K., Pietruszewski S., Segit Z., 2004. Wstępne badania wpływu zmiennego pola magnetycznego na szybkość wzrostu kielków pszenicy. *Acta Agrophysica*, 3(3), 521-528.
- Marks N., 2005. Wpływ zmiennego pola magnetycznego na straty przechowalnicze bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 10(70), 295-302.
- Marks N., Szecówka P., 2010. Wpływ stymulacji sadzoniaków zmiennym polem magnetycznym na wzrost części nadziemnej ziemniaka. *Int. Agrophysics*, 24(2), 165-170.
- Pietruszewski S., 1993. Effect of magnetic seed treatment on yield of wheat. *Seed Sci & Technol.*, 21, 621-626.
- Pietruszewski S., 1999. Magnetyczna biostymulacja materiału siewnego pszenicy jarej. AR Lublin. *Rozprawy Naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie*, 220.
- Pietruszewski S., 2000. Wpływ pola magnetycznego na plony buraka cukrowego odmian Kalwia i Polko. *Inżynieria Rolnicza*, 5, 207-214.
- Pietruszewski S., Komarzyński K., 1999. Magnetic biostimulation of wheat seeds. *International Agrophysics*, 13, 497-501.
- Pietruszewski S., Komarzyński K., Łacer R., 2002c. Porównanie kiełkowania nasion roślin uprawnych eksponowanych w polu magnezu stałego. *Inżynieria Rolnicza*, 7, 111-115.
- Pietruszewski S., Komarzyński K., Prokop M., 2002a. Kiełkowanie nasion cebuli odmiany Sochaczewska w stałym polu magnetycznym. *Acta Agrophysica*, 62, 69-74.
- Pietruszewski S., Komarzyński K., Prokop M., 2002b. Kiełkowanie nasion kapusty białej w stałym polu magnetycznym. *Acta Agrophysica*, 62, 75-82.
- Pittman U.J., 1972. Biomagnetic responses in potatoes. *Can. J. Plant Sci.*, 52, 727-733.
- Podleśny J., Pietruszewski S., 2007. Wpływ stymulacji magnetycznej nasion na wzrost i plonowanie grochu siewnego uprawianego przy różnej wilgotności gleby. *Inżynieria Rolnicza*, 8(96), 207-212.
- Podleśny J., Pietruszewski S., Podleśna A., 2004. The effect of pre-sowing magnetic field treatment on development and yielding of white lupine. *Agriculture. Lithuanian University of Agriculture*, 2(86), 3-12.
- Podleśny J., Podleśna A., 2004. Wpływ traktowania nasion polem magnetycznym na wzrost, rozwój i dynamikę gromadzenia masy bobiku (*Vicia faba minor*). *Acta Agrophysica*, 4(3), 787-801.
- Podleśny J., Sowiński M., 2005. Wpływ traktowania nasion polem magnetycznym na wzrost, rozwój i dynamikę gromadzenia masy grochu siewnego (*Pisum sativum* L.). *Inżynieria Rolnicza*, 4(64), 103-110.
- Prokop M., Komarzyński K., Pietruszewski S., 2001. Wstępne badania wpływu biostymulacji zmiennym polem magnetycznym na kiełkowanie nasion cebuli. *Inżynieria Rolnicza*, 2, 324-327.
- Prokop M., Pietruszewski S., Komarzyński K., 2002a. Wstępne badania wpływu zmiennych pól magnetycznych i elektrycznych na kiełkowanie, plony oraz cechy mechaniczne korzeni rzodkiewki i rzodkwi. *Acta Agrophysica*, 62, 83-93.

- Prokop M., Pietruszewski S., Komarzyński K., 2002b. Ocena biostymulacji zmiennym polem magnetycznym nasion cebuli odmiany Sochaczewska. *Acta Agrophysica*, 62, 95-102.
- Rochalska M., 1991. Wpływ zmiennego pola magnetycznego na kiełkowanie nasion kukurydzy (*Zea mays* L.) w niskiej temperaturze. *Roczniki Nauk Rolniczych*, s. A.T 112, z. 3-4, 91-99.
- Rochalska M., 2002. Pole magnetyczne jako środek poprawy wigoru nasion. *Acta Agrophysica*, 62, 103-111.
- Rochalska M., 2002b. Poprawa jakości materiału siewnego za pomocą zmiennego pola magnetycznego. Doświadczenie polowe. *Acta Agrophysica*, 62, 113-126.
- Rybiński W., Pietruszewski S., Kornarzyński K., 2004. Analiza wpływu pola magnetycznego i promieni gamma na zmienność elementów plonowania jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agrophysica*, 3(3), 579-591.

## THE IMPACT OF SEED-POTATO STIMULATION WITH VARIABLE MAGNETIC FIELD ON POTATO YIELDING

*Norbert Marks<sup>1</sup>, Przemysław Szecówka<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Machinery Management, Ergonomics and Production Processes  
University of Agriculture in Krakow  
ul. Balicka 116 B, 30-149 Kraków  
e-mail: norbert.marks@ur.krakow.pl

<sup>2</sup>Plant Breeding and Acclimatization Institute, ul. Zawila 4, 30-423 Kraków

**Abstract.** The paper presents the results of research on the impact of variable magnetic field employed to stimulate seed-potato tubers on the volume of potato tuber (*Solanum tuberosum*) yield and its mass (g) and size (mm) structure. Sample size was 50 pieces of tubers, used in three replications. Solenoid generating variable magnetic field with induction values of 20 mT, 40 mT and 80 mT was used for the stimulation. Stimulation times for seed-potatoes were 5, 45, 450, 1500 and 3600 s, and exposure doses were 1146 kJm<sup>-3</sup>s, 4584 kJm<sup>-3</sup>s and 18335 kJm<sup>-3</sup>s. Field experiment was carried out using the corn-field method, with three replications. The results have unambiguously (statistically significantly) indicated a positive impact of seed-potato stimulation with variable magnetic field on the volume of total and commercial tuber yield, and its mass and size structure, with reference both to the employed magnetic inductions and the exposure doses.

**Keywords:** potato, magnetic field, solenoid, tuber crop