

## WSTĘPNE BADANIA WPŁYWU ZMIENNYCH PÓL MAGNETYCZNYCH I ELEKTRYCZNYCH NA KIEŁKOWANIE, PLONY ORAZ CECHY MECHANICZNE KORZENI RZODKIEWKI I RZODKWI

M. Prokop, S. Pietruszewski, K. Kornarzyński

Katedra Fizyki AR, ul. Akademicka 13, 20-033 Lublin

e-mail:fizar19@ursus.ar.lublin.pl

**Streszczenie.** Badano wpływ zmiennego pola magnetycznego i elektrycznego o częstotliwości  $f = 50$  Hz na przebieg kiełkowania nasion i właściwości mechaniczne plonu rzodkiewki odmiany Carmen, rzodkwi Agata oraz Murzynka. Stwierdzono różny wpływ pola magnetycznego i elektrycznego na nasiona kiełkujące na płytkach Petriego i kiełkujące w glebie w warunkach naturalnych oraz zróżnicowane reakcje tych gatunków roślin na przedsięwziętą biostymulację.

**Słowa kluczowe:** biostymulacja magnetyczna, biostymulacja elektryczna, zdolność kiełkowania, nasiona.

### WSTĘP

Rzodkiewka odm. Carmen (*Raphanus sativus* L. *subvar. radicola* Pers.), rzodkiew Agata oraz Murzynka (*Raphanus sativus* L. *var. niger* Miller), (*Pers; var. major* A. Vars) należą do rodziny krzyżowych (*Cruciferae*). Część użytkową roślin warzyw rzepowatych stanowi zgrubienie części podłiscieniowej i górnej części korzenia. Dużą popularność i znaczenie rzodkiewki wynikają z tego, że pojawia się na rynku jako jedno z pierwszych świeżych warzyw uprawianych w gruncie.

W celu uzyskania możliwie najwcześniejszych plonów, co wpływa na wzrost opłacalności, wykorzystuje się najlepszy jakościowo materiał siewny poddany sortowaniu, czyszczeniu i suszeniu. Niekiedy nasiona są dodatkowo uszlachetniane poprzez zaprawianie, otoczkowanie, taśmowanie, skaryfikację, stratyfikację

i inne. Istnieją również inne metody poprawy jakości materiału siewnego, do których należy poddanie działaniu światła lasera helowo-neonowego, pola magnetycznego lub pola elektrycznego [3-9]. Trzy ostatnie metody zasługują na szczególną uwagę ze względu na łatwość ich zastosowania, bezinwazyjność działania oraz niski koszt zabiegu.

Prezentowana praca zawiera wyniki badań dotyczące wpływu przedświejnej biostymulacji zmiennym polem magnetycznym i elektrycznym o częstotliwości  $f = 50$  Hz, na kiełkowanie, plony i cechy mechaniczne nasion roślin z rodziny krzyżowych.

### MATERIAŁ I METODY

Do badań wykorzystano nasiona rzodkiewki Carmen, rzodkwi Agata i rzodkwi Murzynka, zakupione w Centrali Nasiennej w Lublinie. W celu doboru parametrów przedświejnej biostymulacji, przeprowadzono wstępne badania kiełkowania w warunkach laboratoryjnych na płytkach Petriego. Do badań polowych zastosowano parametry biostymulacji, dla których wpływ okazał się pozytywny na przebieg procesu kiełkowania nasion na płytkach Petriego, otrzymując dziewięć grup nasion:

(G0): nasiona kontrolne,

(G1): poddane działaniu pola magnetycznego o indukcji 30mT przez 60 s,

(G2): poddane działaniu pola magnetycznego o indukcji 60mT przez 4 s,

(G3): poddane działaniu pola magnetycznego o indukcji 60mT przez 60 s,

(G4): poddane działaniu pola magnetycznego o indukcji 100mT przez 4 s,

(G5): poddane działaniu pola elektrycznego o natężeniu 5kV/cm przez 4 s,

(G6): poddane działaniu pola elektrycznego o natężeniu 5kV/cm przez 60 s,

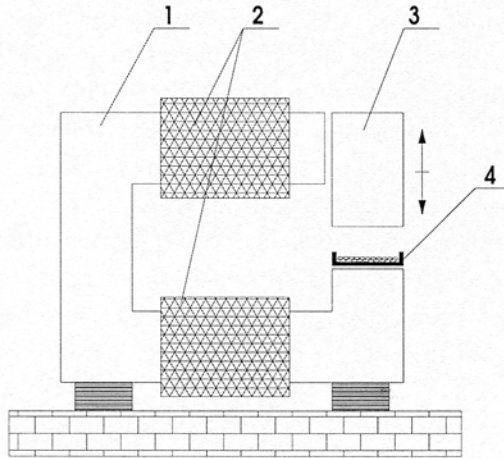
(G7): poddane działaniu pola elektrycznego o natężeniu 10kV/cm przez 4 s,

(G8): poddane działaniu pola elektrycznego o natężeniu 10kV/cm przez 60 s.

Badania wykonywano w pięciu powtórzeniach po 100 nasion każde.

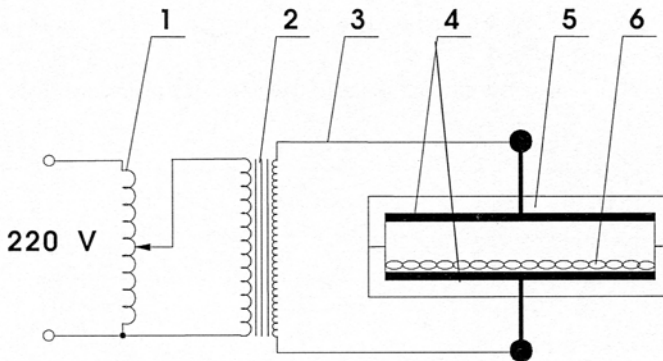
Nasiona poddano zabiegowi biostymulacji dnia 31 sierpnia 2000 roku bezpośrednio przed siewem. Próbkę nasion była umieszczana w zmiennym polu magnetycznym elektromagnesu lub pomiędzy płytkami kondensatora płaskiego [6, 7], co przedstawiają Rys. 1 i 2.

Siew wykonano ręcznie, w dołkach o głębokości 1,5 cm, przy rozstawie rzędów 30 cm i odległości w rzędach 10 cm. Dnia 14 września 2000 roku wykonano zabieg oprysku przeciwko pchełce środkiem Karate 025 EC. Zbioru dokonywano systematycznie od 9 do 30 listopada.



**Rys. 1.** Stanowisko pomiarowe do biostymulacji nasion zmiennym polem magnetycznym: 1 – elektromagnes, 2 – uzwojenia elektromagnesu, 3 – ruchoma zwora, 4 – pojemnik z biostymulowanymi nasionami.

**Fig. 1.** Measuring position for alternating magnetic field biostimulation of seeds: 1 – electromagnet, 2 – electromagnet winding, 3 – movable armature of an electromagnet, 4 – biostimulated seeds container.



**Rys. 2.** Stanowisko pomiarowe do biostymulacji nasion zmiennym polem elektrycznym: 1 – autotransformator, 2 – transformator wysokiego napięcia, 3 – przewody wysokiego napięcia, 4 – okładki kondensatora powietrznego, 5 – obudowa izolacyjna, 6 – biostymulowane nasiona.

**Fig. 2.** Measuring position for alternating electric field biostimulation of seeds: 1 – autotransformer, 2 – high tension (HT) transformer, 3 – HT conductor, 4 – air capacitor plate, 5 – housing electric insulation, 6 – biostimulated seeds.

Badanie cech mechanicznych materiału roślinnego, polegające na wyznaczeniu dynamicznego i statycznego modułu sprężystości, wykonano w Katedrze Fizyki AR w Lublinie, zgodnie z przyjętą metodyką badań materiałów roślinnych [1, 2]. W celu pomiaru statycznego modułu sprężystości wycinano walec o wysokości 1 cm i średnicy 1 cm z korzeni spichrzowych podobnej wielkości i kształtu, a następnie poddawano go statycznemu obciążeniu i dokonywano pomiaru odkształcenia. Do pomiaru odkształcenia użyto konsistometru Höpplera. W celu wyznaczenia dynamicznego modułu sprężystości mierzono czas przejścia fali ultradźwiękowej przez próbkę za pomocą próbnika ultradźwięków (materials tester typ 543) prod. Unipan.

### WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki badań kiełkowania polowego, przedstawione w Tab. 1 i 2, wskazują na pozytywny wpływ przedsięwziętej biostymulacji na kiełkowanie nasion rzodkiewki odmiany Carmen. Biostymulowane nasiona tej odmiany posiadały wyższą zdolność kiełkowania od nasion grupy kontrolnej, a jedynie nasiona grupy G6 kiełkowały wolniej (do 9 dnia – niższa energia kiełkowania). Nasiona pozostałych grup nasion biostymulowanych posiadały znacznie wyższą energię kiełkowania.

**Tabela 1.** Procent wykiełkowanych nasion i odchylenie standardowe - rzodkiewka Carmen (biostymulowane polem magnetycznym)

**Table 1.** Percentage of germinated seeds and standard deviation - Carmen small radish (stimulated by magnetic field)

Czas [dni]	G0	G1	G2	G3	G4
6	1 ±0,50	3 ±0,50	1 ±0,50	1 ±0,50	2 ±0,58
7	1 ±0,50	6 ±0,58**	9 ±0,96**	5 ±1,50	8 ±0,82*
8	12 ±1,41	17 ±2,06	18 ±2,38	16 ±1,15	17 ±2,63
9	29 ±3,10	39 ±2,50	41 ±3,50	47 ±2,63*	37 ±3,40
10	47 ±2,36	57 ±1,26	67 ±3,86*	68 ±2,16**	65 ±2,22*
11	51 ±2,22	59 ±0,96	67 ±3,86	69 ±2,36*	67 ±1,89*
12	51 ±2,22	59 ±0,96	67 ±3,86	69 ±2,36*	67 ±1,89*
14	51 ±2,22	59 ±0,96	67 ±3,86	69 ±2,36*	67 ±1,89*

Istotność różnic: \*0,01 < p < 0,05; \*\*0,001 < p < 0,01; \*\*\*p < 0,001.

**Tabela 2.** Procent wykiełkowanych nasion i odchylenie standardowe - rzodkiewka Carmen (biostymulowane polem elektrycznym)

**Table 2.** Percentage of germinated seeds and standard deviation - Carmen small radish (stimulated by electric field)

Czas [dni]	G0	G5	G6	G7	G8
6	1 ±0,50	8 ±2,71	1 ±0,50	2 ±0,58	5 ±0,50*
7	1 ±0,50	18 ±3,70	3 ±0,96	9 ±0,96**	8 ±1,15*
8	12 ±1,41	38 ±3,87*	7 ±1,26	17 ±1,50	14 ±1,73
9	29 ±3,10	58 ±1,91**	21 ±2,22	42 ±1,00	42 ±1,29
10	47 ±2,36	61 ±1,71	53 ±0,96	56 ±2,45	57 ±1,50
11	51 ±2,22	61 ±1,71	59 ±2,06	62 ±3,51	63 ±3,20
12	51 ±2,22	61 ±1,71	59 ±2,06	62 ±3,51	63 ±3,20
14	51 ±2,22	61 ±1,71	60 ±2,45	62 ±3,51	63 ±3,20

Istotność różnic: \*0,01<p<0,05; \*\*0,001<p<0,01; \*\*\*p<0,001.

**Tabela 3.** Procent wykiełkowanych nasion i odchylenie standardowe — rzodkiew Agata (biostymulowane polem magnetycznym)

**Table 3.** Percentage of germinated seeds and standard deviation — Agata radish (stimulated by magnetic field)

Czas [dni]	G0	G1	G2	G3	G4
5	3 ±0,96	4 ±1,41	2 ±1	1 ±0,50	0 ±0
6	5 ±0,50	6 ±1,29	4 ±0,82	7 ±0,96	6 ±1,00
7	14 ±1,00	12 ±0,82	20 ±2,45	12 ±0,82	13 ±1,26
8	27 ±2,87	36 ±2,16	38 ±2,65	35 ±4,57	26 ±2,08
9	60 ±2,16	59 ±2,06	62 ±3,87	67 ±4,57	60 ±2,71
10	81 ±1,71	84 ±2,45	73 ±3,59	77 ±3,77	78 ±1,29
11	88 ±1,41	87 ±1,50	79 ±1,71*	82 ±3,87	80 ±1,83
12	89 ±1,26	90 ±1,00	80 ±1,63*	83 ±3,77	80 ±1,83*
14	90 ±1,29	90 ±1,00	80 ±1,63*	83 ±3,77	80 ±1,83*

Istotność różnic: \*0,01<p<0,05; \*\*0,001<p<0,01; \*\*\*p<0,001.

Nasiona rzodkwi Agata z grup G2, G3, G4, G6 i G8 zareagowały na biostymulację obniżeniem zdolności kiełkowania (Tab. 3 i 4). Dla nasion rzodkwi Murzynka nie zaobserwowano wpływu przedsięwziętej biostymulacji polem magne-

tycznym, a na przedsięwziętą biostymulację polem elektrycznym nasiona reagowały w dwojaki sposób. Pozytywny wpływ zaobserwowano dla nasion grupy G5, natomiast negatywny dla nasion grupy G6 oraz G8 (Tab. 5 i 6).

**Tabela 4.** Procent wykiełkowanych nasion i odchylenie standardowe - rzodkiew Agata (biostymulowane polem elektrycznym)

**Table 4.** Percentage of germinated seeds and standard deviation - Agata radish (stimulated by electric field)

Czas [dni]	G0	G5	G6	G7	G8
5	3 ±0,96	2 ±0,58	0 ±0	2 ±0,58	0 ±0
6	5 ±0,50	3 ±0,96	8 ±1,41	9 ±1,89	4 ±0
7	14 ±1,00	11 ±2,22	17 ±3,20	18 ±4,36	14 ±1,73
8	27 ±2,87	23 ±3,5	40 ±3,56	35 ±4,19	34 ±1,29
9	60 ±2,16	58 ±1,29	59 ±4,03	60 ±3,56	67 ±4,79
10	81 ±1,71	83 ±1,50	77 ±2,99	86 ±2,38	83 ±3,20
11	88 ±1,41	89 ±0,50	84 ±1,41	88 ±2,58	84 ±3,56
12	89 ±1,26	90 ±1,00	84 ±1,41	93 ±2,06	87 ±3,59
14	90 ±1,29	90 ±1,00	84 ±1,41	93 ±2,06	88 ±3,56

Istotność różnic: \*0,01<p<0,05; \*\*0,001<p<0,01; \*\*\*p<0,001.

**Tabela 5.** Procent wykiełkowanych nasion i odchylenie standardowe — rzodkiew Murzynka (biostymulowane polem magnetycznym)

**Table 5.** Percentage of germinated seeds and standard deviation — Murzynka radish (stimulated by magnetic field)

Czas [dni]	G0	G1	G2	G3	G4
6	0 ±0	1 ±0,50	2 ±0,58	1 ±0,50	1 ±0,50
7	2 ±0,58	1 ±0,50	3 ±0,96	7 ±0,96*	3 ±0,96
8	9 ±0,96	10 ±1,29	10 ±0,58	13 ±2,22	9 ±0,96
9	14 ±1,00	16 ±2,71	16 ±2,45	22 ±2,65	20 ±1,63
10	24 ±2,16	24 ±2,16	25 ±2,63	29 ±1,71	30 ±1,00
11	63 ±3,95	57 ±1,71	68 ±3,92	66 ±2,38	61 ±1,89
12	74 ±2,38	69 ±0,50	71 ±2,75	70 ±1,73	76 ±2,45
13	75 ±2,63	70 ±0,58	71 ±2,75	70 ±1,73	77 ±2,36
14	75 ±2,63	70 ±0,58	72 ±2,45	70 ±1,73	78 ±1,91

Istotność różnic: \*0,01<p<0,05; \*\*0,001<p<0,01; \*\*\*p<0,001.

**Tabela 6.** Procent wykiełkowanych nasion i odchylenie standardowe - rzodkiew Murzynka (biostymulowane polem elektrycznym)**Table 6.** Percentage of germinated seeds and standard deviation — Murzynka radish (stimulated by electric field)

Czas [dni]	G0	G5	G6	G7	G8
6	0 ±0	2 ±0,58	4 ±1,41	2 ±1,00	1 ±0,50
7	2 ±0,58	3 ±0,50	4 ±1,15	5 ±0,5*	6 ±0,58*
8	9 ±0,96	14 ±0,58*	10 ±1,73	12 ±2,16	8 ±1,41
9	14 ±1,00	23 ±2,06	18 ±5,07	19 ±2,63	17 ±3,40
10	24 ±2,16	32 ±2,58	28 ±6,88	29 ±5,12	28 ±2,58
11	63 ±3,95	75 ±0,96	54 ±6,03	70 ±3,32	57 ±0,96
12	74 ±2,38	85 ±1,26	65 ±2,87	74 ±3,42	64 ±0,82
13	75 ±2,63	85 ±1,26	65 ±2,87	76 ±2,83	65 ±0,96
14	75 ±2,63	85 ±1,26	65 ±2,87	76 ±2,83	66 ±1,29

Istotność różnic: \*0,01&lt;p&lt;0,05; \*\*0,001&lt;p&lt;0,01; \*\*\*p&lt;0,001.

**Tabela 7.** Plon korzeni**Table 7.** Yield of roots

Masa [ kg ]	G0	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
Rzodkiewka	0,377	0,572	0,453	0,774	0,623	0,719	0,573	0,668	0,580
Carmen	±0,039	±0,027*	±0,037	±0,066*	±0,043*	±0,045*	±0,068	±0,108	±0,056
Rzodkiew	3588	3115	2362	2893	3048	3669	3756	3434	3141
Agata	±100	±50	±82**	±21*	±100	±145	±119	±287	±80
Rzodkiew Murzynka	704 ±76	743 ±47	585 ±50	713 ±61	687 ±51	862 ±16	666 ±59	646 ±38	622 ±39

± Odchylenie standardowe.

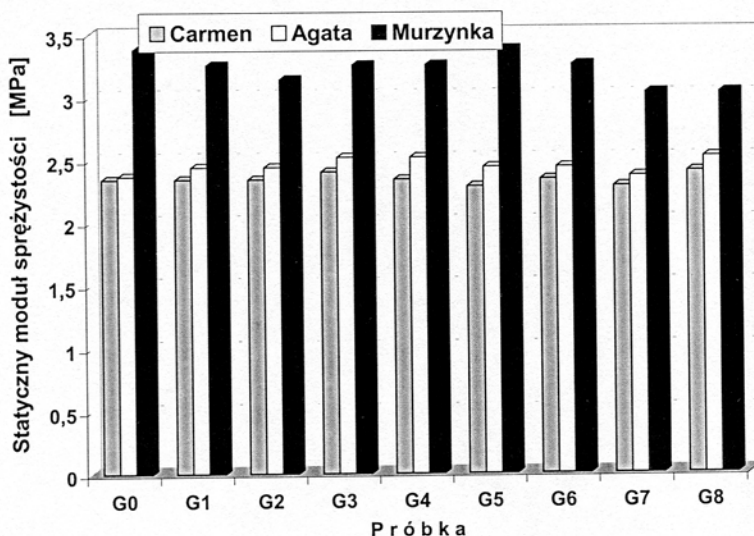
Istotność różnic: \*0,01&lt;p&lt;0,05; \*\*0,001&lt;p&lt;0,01; \*\*\*p&lt;0,001.

Przedsięwna biostymulacja spowodowała wzrost plonu rzodkiewki Carmen dla wszystkich badanych grup. Największy zaobserwowano dla grup G3 i G5, gdzie różnica pomiędzy grupą biostymulowaną a kontrolną wynosiła dla G3 – 105%, a dla G5 – 91%. W przypadku rzodkiewki Agata wpływ biostymulacji okazał się negatywny dla grup G2 i G3, dla których zmalał odpowiednio o 34% i 19%.

Rzodkiew Murzynka reagowała w dwojaki sposób wysokością otrzymanego plonu korzeni - z próby G2 był niższy o 17%, natomiast próby G5 wzrósł o 22% względem próby kontrolnej.

Zmiany statycznego modułu sprężystości rzodkiewki Carmen (Rys. 3 i 4) mieściły się w statystycznych granicach błędu. Dla korzeni rzodkiewki Agata biostymulowanych grup G3, G4, G8 statyczny moduł sprężystości wzrósł o 7%, jednak różnice okazały się statystycznie nieistotne (dla  $p < 0,05$ ). Korzenie biostymulowanej rzodkiewki Murzynka z grup G2, G3, G4, G7, G8 zareagowały spadkiem statycznego modułu sprężystości. Najniższą wartość zaobserwowano dla grupy G8, niższą o 11% od wartości grupy G0.

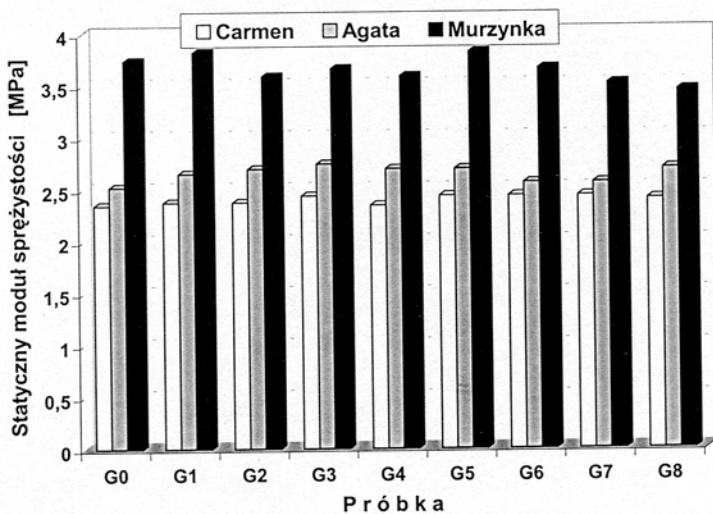
Materiał roślinny rzodkiewki Carmen próby G2 posiadał o 9% niższą wartość dynamicznego modułu sprężystości, podczas gdy dla próby G8 wzrósł o 17% względem grupy kontrolnej G0 (Rys. 5).



Rys. 3. Statyczny moduł sprężystości liczony dla obciążenia 7 N.

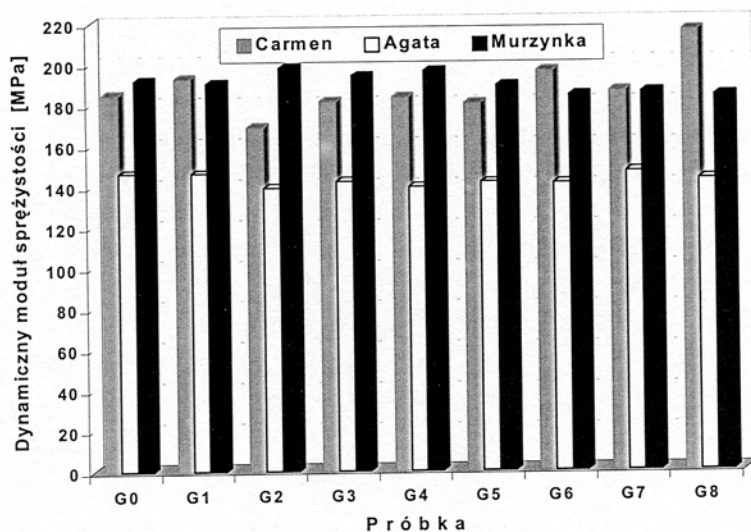
Fig. 3. Static module load equal 7 N.





Rys. 4. Statyczny moduł sprężystości liczony dla obciążenia 14 N.

Fig. 4. Static module load equal 14 N.



Rys. 5. Dynamiczny moduł sprężystości.

Fig. 5. Dynamic module of elasticity.

Powyższe wyniki nie pozwalają jednoznacznie stwierdzić wpływu przed-siewnej biostymulacji na właściwości korzeni rzodkiewki Carmen. Dla badanych prób G2, G4, G5, G6 korzeni rzodkwi Agata dynamiczny moduł sprężystości zmalał odpowiednio o 5%, 5%, 3%, 3%, w stosunku do grupy kontrolnej, i dla trzech ostatnich próbek różnice były istotne statystycznie. Największa różnica wartości dynamicznego modułu sprężystości korzeni rzodkwi Murzynka wynosiła 4% dla próby G8, lecz przy  $p < 0,05$  była ona statystycznie nieistotna.

#### WNIOSKI

1. Przed-siewna biostymulacja zmiennym polem magnetycznym i elektrycznym o częstotliwości  $f = 50$  Hz pozytywnie wpłynęła na kiełkowanie nasion rzodkiewki Carmen, natomiast negatywnie na nasiona rzodkwi Agata.
2. Nasiona rzodkwi Murzynka, na zabieg biostymulacji reagowały w sposób pozytywny i negatywny w zależności od użytych dawek, co skłania do dalszych poszukiwań odpowiedniego rodzaju i odpowiednich parametrów biostymulacji materiału siewnego tej rośliny.
3. Proces przed-siewnej biostymulacji nasion rzodkiewki Carmen spowodował wzrost plonu korzeni w zakresie od 20% do 105%.
4. Przed-siewna biostymulacja nasion rzodkwi Agata polem magnetycznym spowodowała spadek plonu korzeni w zakresie od 13% do 34%.
5. Niska dawka ekspozycyjna pola elektrycznego spowodowała wzrost plonu rzodkwi Murzynka, natomiast wysokie dawki powodowały jego spadek.
6. Korzenie biostymulowanych grup rzodkwi Agata odznaczały się niższą wartością dynamicznego modułu sprężystości. Jednak nawet największe różnice wartości statycznego i dynamicznego modułu sprężystości korzeni badanych roślin były statystycznie nieistotne dla wszystkich badanych próbek.
7. Uzyskane wyniki pomiarów świadczą o konieczności prowadzenia dalszych badań, w celu bardziej precyzyjnego ustalenia, wpływu dawek czynników biostymulujących pól elektrycznych i magnetycznych, na właściwości fizyczne i parametry kiełkowania badanych nasion.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Bieluga B.:** Określenie odporności ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne. Roczniki Nauk Rolniczych T, 68-C-2 Warszawa, 1968.
2. **Bzowska-Bakalarz M.:** Odporność buraków cukrowych na uszkodzenia mechaniczne w aspekcie wzrostu poziomu mechanizacji. Praca doktorska, Akademia Rolnicza, Lublin, 1997.

3. **Carbonell M. V., Martinez E., Raya A., Amaya J. M. L.:** Stimulation of germination in rice (*Oryza sativa L.*) by a static magnetic field. *Elektro- and Magnetobiology*, 19 (1), 121-128, 2000.
4. **Kopec B.:** Wpływ pól elektrycznych i magnetycznych na właściwości biologiczne nasion. Praca doktorska. Akademia Rolnicza, Lublin, 1984.
5. **Koper R., Kornas-Czuczwar B., Próchniak T., Podleśny J.:** Wpływ przedsewnej biostymulacji laserowej nasion łubinu białego na właściwości mechaniczne plonów. *Inżynieria Rolnicza*, 2, 21-28, 1999.
6. **Pietruszewski S., Kornarzyński K.:** Wpływ pól magnetycznych na proces kiełkowania nasion. *Inżynieria Rolnicza*, 2, 13-18, 1999.
7. **Pietruszewski S.:** Magnetyczna biostymulacja materiału siewnego pszenicy jarej. *Rozprawy Naukowe* (220). Akademia Rolnicza, Lublin, 1999.
8. **Rochalska M.:** 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, 1997.
9. **Sassao A., Shibusawa S., Sakai K., Miyamoto D.:** Root response to magnetostatic field. *IFAC Artificial Intelligence in Agriculture*, Makuhari, Chiba, Japan, 25-30, 1998.

## THE PRELIMINARY INVESTIGATION OF MAGNETIC AND ELECTRIC FIELDS INFLUENCE ON GERMINATION, CROPS, AND MECHANICAL FEATURES OF RADISH AND SKALL RADISH ROOTS

*M. Prokop, S. Pietruszewski, K. Kornarzyński*

Department of Physics, University of Agriculture, Akademicka 13, 20-033 Lublin  
e-mail: fizar19@ursus.ar.lublin.pl

**Summary.** This article describes the influence of pre-sowing magnetic and electric stimulation of seeds of radish and small radish roots on germination, crops and mechanical features. Seeds were stimulated by alternating magnetic or electric field at a fixed frequency of 50 Hz and various intensity, 30, 60 and 100mT for magnetic field and 5 kV/cm as well as 10 kV/cm for electric field. Were used various times of exposure of stimulation. The results indicated, that exposure to magnetic or electric field increased both the rate and percentage of germination of Carmen strains relative to no exposed seeds. The pre-sowing stimulation also increased crop of Carmen strains.

**Key words:** magnetic stimulation, electric stimulation, ability of germination, seeds.