

WPLYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW FIZYCZNYCH NA KIEŁKOWANIE
NASION RZODKIEWKI (*RAPHANUS SATIVUS* L.)

*Marcela Krawiec¹, Agata Dziwulska-Hunek², Krzysztof Kornarzyński²,
Salwina Palonka¹*

¹Katedra Nasiennictwa i Szkółkarstwa Ogrodniczego, Uniwersytet Przyrodniczy
ul. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin
e-mail: marcela.krawiec@up.lublin.pl

²Katedra Fizyki, Uniwersytet Przyrodniczy
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Streszczenie. Niektóre czynniki fizyczne, tj. pole magnetyczne, pole elektryczne, światło lasera He-Ne, są wykorzystywane w rolnictwie jako zabiegi uszlachetniania nasion. Badania wykazały, że mogą one wpływać na wzrost zdolności kiełkowania, przyspieszenie i zwiększenie równomierności wschodów oraz zwiększenie plonowania roślin uprawnych. W doświadczeniach badano zwykle wpływ tych czynników fizycznych na nasiona dobrej jakości. Tylko nieliczne badania dotyczą nasion gorszej jakości. Celem pracy było określenie wpływu pola magnetycznego, pola elektrycznego i światła lasera He-Ne na kiełkowanie nasion rzodkiewki, ze szczególnym uwzględnieniem nasion starych. Materiałem do badań były nasiona 6 partii rzodkiewki odmiany 'Mila' o zdolności kiełkowania od 78,8 do 97%. Ich wiek wynosił od 1 do 7 lat. Ponieważ długość życia nasion rzodkiewki wynosi 6-7 lat, nasiona 7-letnie uznano za stare. Stwierdzono, że reakcja nasion rzodkiewki na stymulację zmiennym polem magnetycznym, zmiennym polem elektrycznym i światłem lasera He-Ne była uzależniona od ich jakości. Stymulacja starych nasion (o zdolności kiełkowania około 80%) wpłynęła istotnie na wzrost energii i zdolności kiełkowania, skrócenie czasu potrzebnego do wykiełkowania 25% i 50% ogólnej liczby kiełkujących nasion oraz średniego czasu kiełkowania jednego nasiona. Nasiona rzodkiewki wysokiej jakości, tj. o zdolności kiełkowania powyżej 90%, nie wykazały pozytywnej reakcji na działanie zastosowanych czynników fizycznych. Stymulacja nasion zmiennym polem magnetycznym, zmiennym polem elektrycznym i światłem lasera He-Ne wpłynęła korzystnie na wzrost suchej masy siewki.

Słowa kluczowe: rzodkiewka, pole magnetyczne, pole elektryczne, światło lasera, nasiona, kiełkowanie

WSTĘP

Rzodkiewka jest warzywem, które charakteryzuje się bardzo krótkim okresem wegetacji. W zależności od warunków uprawy i odmiany, od siewu nasion do osiągnięcia dojrzałości konsumpcyjnej upływa 30-50 dni. O opłacalności wczesnowiosennej uprawy rzodkiewki w dużej mierze decydują możliwości przyspieszenia terminu zbioru. Wczesnemu plonowaniu tego gatunku sprzyjają szybkie kiełkowanie nasion i wyrównane wschody roślin. W produkcji wykorzystuje się różnego rodzaju zabiegi, które mają na celu przyspieszenie kiełkowania i wschodów, np. wysiew nasion kalibrowanych lub kondycjonowanych, zastosowanie osłon z folii lub włókniny (Słodkowski i Rekowska, 2004). Badania wskazują, że można do nich również zaliczyć stymulację nasion polem elektrycznym lub magnetycznym, światłem lasera helowo-neonowego, promieniami nadfioletowymi, światłem widzialnym (Koper 1994, Gładyszewska i Koper 2002, Pietruszewski 2002, Prokop i in. 2002). Zabiegi te wpływają na wzrost energii i zdolności kiełkowania nasion (Rochalska 2002a, Koper i in. 2004, Soltani i in. 2006, Dziwulska-Hunek i in. 2009, Wilczek i Ćwintal 2009). Przewidywana stymulacja nasion może powodować przyspieszenie i zwiększenie równomierności wschodów (Podleśny i Koper 1998, Podleśny 2004, Hernandez Aguilar i in. 2009). Efektem tych zabiegów może być również przyspieszenie wzrostu i dojrzenia roślin oraz zwiększenie plonowania (Wójcik 1994, Prokop i in. 2002, Podleśny i in. 2004, Marks i Szecówka 2011). Zdaniem niektórych autorów zastosowanie tych czynników fizycznych przynosi szczególnie korzystne rezultaty w przypadku nasion kiełkujących w niesprzyjających warunkach środowiska lub nasion o obniżonych parametrach jakościowych, np. nasion starych lub uszkodzonych (Pietruszewski 2002, Rochalska 2002b, Krawiec i Dziwulska-Hunek 2009).

Celem badań było określenie efektów działania pola magnetycznego, pola elektrycznego i światła lasera helowo-neonowego na kiełkowanie nasion rzodkiewki różnej jakości, ze szczególnym uwzględnieniem nasion starych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2006-2007 w laboratorium Katedry Nasiennictwa i Szkółkarstwa Ogrodniczego Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Materiałem do badań były nasiona 6 partii rzodkiewki odmiany 'Mila'. W 2006 r. w doświadczeniu wykorzystano nasiona ze zbioru w latach 1999, 2002, 2005 (oznaczone odpowiednio jako partie 1, 2, 3), zaś w 2007 r. nasiona ze zbioru w latach 2000, 2003 i 2006 (oznaczone odpowiednio jako partie 4, 5, 6). Biorąc pod uwagę długość życia nasion rzodkiewki określaną na 6-7 lat, nasiona partii 1 i 4 można uznać za nasiona stare. Jakość nasion pochodzących z różnych

partii była czynnikiem I rzędu. Czynnikiem II rzędu były 3 metody stymulacji fizycznej. W ramach eksperymentu nasiona każdej partii traktowano następującymi czynnikami fizycznymi: zmiennym polem magnetycznym o indukcji $B = 30$ mT, częstotliwości $f = 50$ Hz, czasie ekspozycji $t = 30$ s, zmiennym polem elektrycznym o natężeniu $8 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$, częstotliwości $f = 50$ Hz, czasie ekspozycji $t = 30$ s i światłem lasera helowo-neonowego o długości fali $\lambda = 632,8$ nm, gęstości powierzchniowej mocy $6 \text{ mW}\cdot\text{cm}^{-2}$. Pole magnetyczne i pole elektryczne stosowano 1-krotnie, a światło lasera 5-krotnie. Stymulację nasion przeprowadzono w Katedrze Fizyki UP w Lublinie. Do stymulacji światłem lasera He-Ne wykorzystano urządzenie konstrukcji Kopera i Dygdały (1993), zaś do stymulacji zmiennym polem magnetycznym – elektromagnes autorstwa Pietruszewskiego (2000, 2003). W Katedrze Fizyki zostało także zbudowane stanowisko do traktowania nasion stałym i zmiennym polem elektrycznym. Wcześniejsze badania przeprowadzone w różnych ośrodkach wykazały, że wykorzystanie do stymulacji nasion wielu gatunków światła lasera, pola magnetycznego i elektrycznego o parametrach zbliżonych do zastosowanych w niniejszym doświadczeniu gwarantowało uzyskanie najlepszych rezultatów (Kopeć 1983, Phirke i in. 1996, Prokop i in. 2002, Wilczek i in. 2006). Po stymulacji oceniono niektóre parametry kiełkowania i wigor nasion. W tym celu przeprowadzono standardowy test kiełkowania i test szybkości wzrostu siewki.

Standardowy test kiełkowania wykonano w 4 powtórzeniach po 100 nasion. Po upływie 3 dni od stymulacji nasiona zostały wysiane na wilgotną bibułę. Kiełkowanie prowadzono w rulonach w temperaturze 20°C , w ciemności (International Rules for Seed Testing 2004). Po 3 dniach od wysiewu nasion rozpoczęto codzienne liczenie siewek normalnych. Obserwacje prowadzono do 10-tego dnia kiełkowania. Na podstawie tych obliczeń określono energię i zdolność kiełkowania nasion, czas potrzebny do wykiełkowania 25 i 50% kiełkujących nasion (T_{25} , T_{50}) oraz średni ważony czas kiełkowania jednego nasiona wg Piepera.

Zgodnie z przepisami ISTA energia kiełkowania dla rzodkiewki jest określana jako procentowy udział nasion, które wytworzyły siewki sklasyfikowane jako normalne po 4 dniach kiełkowania w optymalnych warunkach. Natomiast zdolność kiełkowania to udział nasion, które wytworzyły siewki normalne po 10 dniach kiełkowania w optymalnych warunkach (International Rules for Seed Testing 2004).

Średni ważony czas kiełkowania nasion wg Piepera obliczono wg wzoru:

$$E = \frac{k_1 t_1 + k_2 t_2 + \dots + k_n t_n}{k_1 + k_2 + \dots + k_n} \quad (\text{dni}) \quad (1)$$

k_i – liczba normalnie wykiełkowanych nasion w kolejnych dniach obserwacji,

t_i – liczba dni od wysiewu nasion (Dąbrowska i Krawiec 2007).

$i = 1, 2, \dots, n$.

Test szybkości wzrostu siewki przeprowadzono w 4 powtórzeniach po 25 nasion. Nasiona w rulonach z bibuły kiełkowały przez 10 dni w temperaturze 20°C w ciemności. Siewki normalne z każdej kombinacji poddano suszeniu w temperaturze 80°C przez 24 godziny. W ten sposób określono suchą masę jednej siewki (ISTA 1995).

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie przy pomocy analizy wariancji ANOVA (STATISTICA 6.0). Przedziały ufności określono testem Tukey'a przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

Ocena kiełkowania nasion w warunkach laboratoryjnych wykazała, że zdolność kiełkowania nasion kontrolnych analizowanych partii wynosiła od 78,8% (partia 4) do 97% (partia 3). Nasiona wszystkich partii spełniały więc wymagania Polskiej Normy PN-R-67050 odnośnie uznania ich za materiał siewny (zdolność kiełkowania nie mniejsza niż 70%). Reakcja nasion rzodkiewki na stymulację wybranymi czynnikami uzależniona była od początkowej zdolności kiełkowania. U nasion partii 2 i 3 charakteryzujących się najwyższą zdolnością kiełkowania (94,5-97%) zarejestrowano nieistotny spadek zdolności kiełkowania pod wpływem stymulacji nasion wszystkimi czynnikami fizycznymi. Nasiona kontrolne partii 4, te o najniższej zdolności kiełkowania (78,8%), zareagowały istotnym wzrostem tego parametru na działanie wszystkich metod stymulacji. Z kolei zdolność kiełkowania nasion partii 1 i 5 uległa istotnej poprawie jedynie po zastosowaniu pola elektrycznego. Stymulacja polem magnetycznym i światłem lasera również wpłynęła pozytywnie na wzrost zdolności kiełkowania tych nasion, jednak nie był to wzrost istotny (tab. 1).

Energia kiełkowania nasion kontrolnych kształtowała się od 44,2% do 96,3% w zależności od badanej partii. W przypadku nasion o najwyższej energii kiełkowania (partia 3) stwierdzono zmniejszenie tego parametru pod wpływem stymulacji wszystkimi czynnikami fizycznymi. U nasion o energii kiełkowania na średnim poziomie (partie 5 i 6) zarejestrowano nieistotny wzrost tego parametru. Inna partia o średnim poziomie energii kiełkowania (partia 2) zareagowała wzrostem tego parametru pod wpływem wszystkich czynników, zaś wzrostem istotnym w efekcie naświetlania laserem He-Ne. Najbardziej wyraźny efekt stymulacji zanotowano w przypadku nasion o najniższej energii kiełkowania, tj. partii 1 i 4 (odpowiednio 51,5 i 44,2%). Stwierdzono istotny wpływ pola elektrycznego i światła lasera na zwiększenie energii kiełkowania nasion partii 1 oraz istotny wpływ wszystkich czynników na wzrost energii kiełkowania nasion partii 4. Wzrost ten wynosił 30,8-31,8% dla nasion partii 1 i 14,9-18,7% dla nasion partii 4 (tab. 2).

Tabela 1. Zdolność kiełkowania nasion różnych partii rzodkiewki w zależności od zastosowanej metody stymulacji**Table 1.** Germination capacity of different radish seed lots depending on stimulation method

Lata badań Investigation years	Partia nasion Seed lot	Zdolność kiełkowania – Germination capacity (%)			
		Metoda stymulacji – Stimulation method			
		Obiekt kontrolny Control	Pole magnetyczne Magnetic field	Pole elektryczne Electric field	Laser He-Ne
2006	1	80,8 B b	84,3 AB c	90,8 A a	83,3 AB b
	2	94,5 A a	90,5 A ab	92,3 A a	94,3 A a
	3	97,0 A a	93,3 A a	94,3 A a	94,8 A a
2007	4	78,8 B b	84,3 A c	83,9 A b	85,7 A b
	5	90,5 B ab	92,0 AB a	93,4 A a	91,4 AB a
	6	91,5 A ab	88,9 A b	93,4 A a	92,3 A a

Średnie oznaczone tymi samymi literami, dużymi w wierszach i małymi w kolumnach, nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$ – Means followed by the same letters, capital in rows and small in columns, do not differ significantly at $\alpha = 0.05$.

Tabela 2. Energia kiełkowania nasion różnych partii rzodkiewki w zależności od zastosowanej metody stymulacji**Table 2.** Germination energy of different radish seed lots depending on stimulation method

Lata badań Investigation years	Partia nasion Seed lot	Energia kiełkowania – Germination energy (%)			
		Metoda stymulacji – Stimulation method			
		Obiekt kontrolny	Pole magnetyczne Magnetic field	Pole elektryczne Electric field	Laser He-Ne
2006	1	51,5 B d	77,5 AB b	83,3 A b	82,3 A b
	2	85,5 B b	89,8 AB a	90,3 AB a	93,0 A a
	3	96,3 A a	91,8 A a	93,8 A a	94,8 A a
2007	4	44,2 B d	60,3 A c	62,9 A c	59,1 A c
	5	86,9 A b	87,6 A a	88,8 A ab	87,8 A ab
	6	78,5 A c	80,8 A b	81,3 A b	82,1 A b

Objaśnienia jak pod tabelą 1 – Explanations as in Table 1.

W 2006 r. nasiona kontrolne partii 1, zaś w 2007 r. nasiona kontrolne partii 4 wymagały najwięcej czasu do wykiełkowania 25% ogólnej liczby kiełkujących nasion (odpowiednio 3,8 i 3,6 dni). W przypadku obydwu tych partii stwierdzono istotny wpływ zastosowanych czynników fizycznych na skrócenie czasu potrzebnego do skiełkowania 25% ogólnej liczby kiełkujących nasion. Nie wykazano istotnego wpływu stymulacji fizycznej na skrócenie czasu potrzebnego do wykiełkowania 25% nasion kontrolnych partii o zdolności kiełkowania powyżej 90% (partie 2, 3, 5 i 6) (tab. 3).

Nasiona kontrolne partii 1 w 2006 r. i partii 4 w 2007 r. wymagały najwięcej czasu do wykiełkowania 50% ogólnej liczby kiełkujących nasion (odpowiednio: 4,3 i 4,1 dni). Stwierdzono istotny wpływ stymulacji polem magnetycznym, polem elektrycznym i światłem lasera na skrócenie czasu potrzebnego do wykiełkowania 50% ogólnej liczby kiełkujących nasion tych partii. W 2006 r. nasiona kontrolne partii 2 i 3 wykiełkowały w 50% po upływie – odpowiednio: 4,0 i 3,9 dni), zaś w 2007 r. nasiona kontrolne partii 5 i 6 kiełkowały w 50% po upływie – odpowiednio: 3,5 i 3,7 dni.

Tabela 3. Czas potrzebny do wykiełkowania 25% ogólnej liczby kiełkujących nasion rzodkiewki w zależności od zastosowanej metody stymulacji

Table 3. Time required for germination of 25% of the maximum germination of radish seeds depending on stimulation method

Lata badań Investigation years	Partia nasion Seed lot	T ₂₅ (dni – days)			
		Metoda stymulacji – Stimulation method			
		Obiekt kontrolny	Pole magnetyczne Magnetic field	Pole elektryczne Electric field	Laser He-Ne
2006	1	3,8 B b	3,6 A b	3,5 A b	3,6 A b
	2	3,6 A b	3,5 A ab	3,5 A b	3,5 A ab
	3	3,4 A ab	3,5 A ab	3,5 A b	3,5 A ab
2007	4	3,6 B b	3,3 A ab	3,4 A ab	3,4 A ab
	5	3,2 A a	3,2 A a	3,2 A ab	3,2 A a
	6	3,3 A a	3,3 A ab	3,0 A a	3,2 A a

Objaśnienia jak pod tabelą 1 – Explanations as in Table 1.

W przypadku tych partii nie stwierdzono istotnego wpływu stymulacji fizycznej na skrócenie czasu potrzebnego do wykiełkowania 50% ogólnej liczby kiełkujących nasion. Jedynie naświetlanie laserem nasion partii 6 wpłynęło istotnie na skrócenie tego czasu o 0,2 dnia (tab. 4).

Spośród nasion kontrolnych w 2006 r. najdłuższym średnim czasem kiełkowania charakteryzowały się nasiona partii 1, zaś w 2007 r. nasiona partii 4 – odpowiednio: 4,9 i 4,6 dnia. Stymulacja nasion tych partii wszystkimi metodami wpłynęła istotnie na skrócenie tego czasu o 0,2 dnia. W roku 2006 średni czas kiełkowania nasion kontrolnych partii 2 i 3 był krótszy niż nasion partii 1. Natomiast w roku 2007 średni czas kiełkowania nasion kontrolnych partii 5 i 6 był krótszy niż nasion partii 4. Nie stwierdzono istotnego wpływu czynników fizycznych na skrócenie średniego czasu kiełkowania nasion partii 2, 3, 5 i 6 (tab.5).

Tabela 4. Czas potrzebny do wykiełkowania 50% ogólnej liczby kiełkujących nasion rzodkiewki w zależności od zastosowanej metody stymulacji

Table 4. Time required for germination of 50% of the maximum germination of radish seeds depending on stimulation method

Lata badań Investigation years	Partia nasion Seed lot	T ₅₀ (dni – days)			
		Metoda stymulacji – Stimulation method			
		Obiekt kontrolny	Pole magnetyczne Magnetic field	Pole elektryczne Electric field	Laser He-Ne
2006	1	4,3 B b	4,1 A b	4,0 A a	4,0 A b
	2	4,0 A ab	3,9 A ab	4,0 A a	3,9 A ab
	3	3,9 A ab	3,9 A ab	3,9 A a	3,9 A ab
2007	4	4,1 B ab	3,8 A ab	3,7 A a	3,8 A ab
	5	3,5 A a	3,5 A a	3,6 A a	3,5 A a
	6	3,7 B ab	3,6 AB ab	3,6 AB a	3,5 A a

Objaśnienia jak pod tabelą 1 – Explanations as in Table 1.

Stwierdzono korzystny, choć nieistotny, wpływ stymulacji nasion wybranymi czynnikami fizycznymi na wzrost suchej masy siewek z nich wykształconych. Traktowanie nasion polem magnetycznym we wszystkich przypadkach wpłynęło na wzrost suchej masy siewek. Natomiast stymulacja polem elektrycznym i światłem lasera jedynie w przypadku nasion partii 4 powodowała zmniejszenie tego parametru (tab. 6).

Tabela 5. Średni czas kiełkowania nasion różnych partii rzodkiewki w zależności od zastosowanej metody stymulacji**Table 5.** Mean germination time of different radish seed lots depending on stimulation method

Lata badań Investigation years	Partia nasion Seed lot	Średni czas kiełkowania – Mean germination time (dni – days)			
		Metoda stymulacji – Stimulation method			
		Obiekt kontrolny	Pole magnetyczne Magnetic field	Pole elektryczne Electric field	Laser He-Ne
2006	1	4,9 B b	4,7 A b	4,7 A b	4,7 A b
	2	4,7 A b	4,7 A b	4,6 A b	4,7 A b
	3	4,6 A b	4,7 A b	4,7 A b	4,7 A b
2007	4	4,6 B b	4,4 A ab	4,4 A ab	4,4 A ab
	5	4,1 A a	4,1 A a	4,2 A a	3,9 A a
	6	4,2 A a	4,1 A a	4,0 A a	4,0 A a

Objaśnienia jak pod tabelą 1 – Explanations as in Table 1.

Tabela 6. Sucha masa siewki rzodkiewki w zależności od zastosowanej metody stymulacji**Table 6.** Radish seedling dry weight depending on stimulation method

Lata badań Investigation years	Partia nasion Seed lot	Sucha masa siewki –Seedling dry weight (mg)			
		Metoda stymulacji – Stimulation method			
		Obiekt kontrolny	Pole magnetyczne Magnetic field	Pole elektryczne Electric field	Laser He-Ne
2006	1	3,51 A ab	4,52 A a	3,98 A ab	4,12 A ab
	2	3,89 A a	4,28 A a	4,09 A ab	3,95 A ab
	3	3,42 A ab	3,64 A ab	3,85 A ab	4,08 A ab
2007	4	4,03 A a	4,15 A ab	3,66 A b	3,84 A ab
	5	3,91 A a	4,03 A ab	4,62 A a	4,44 A a
	6	2,95 A b	2,97 A b	3,50 A b	3,05 A b

Objaśnienia jak pod tabelą 1 – Explanations as in Table 1.

DYSKUSJA

W przedstawionej pracy podjęto próbę oceny przydatności pola magnetycznego, pola elektrycznego i światła lasera helowo-neonowego do uszlachetniania

nasion rzodkiewki. Doświadczenia wielu autorów dowodzą, że efekty przedsięwziętej stymulacji nasion zależą od zastosowanych parametrów, tzn. rodzaju pola, jego natężenia, czasu ekspozycji, liczby naświetlań itp. (Koper 1994, Phirke i in. 1996, Pietruszewski 2002).

Wyniki przedstawionych badań wykazały, że efekty stymulacji wybranymi czynnikami fizycznymi zależały od jakości nasion. Nasiona rzodkiewki wysokiej jakości, tj. o zdolności kiełkowania powyżej 90% nie wykazały pozytywnej reakcji na działanie zastosowanych czynników fizycznych. Wyniki te są zgodne z badaniami Roszko i Michalik (2002), które dowodzą, że nasiona marchwi o wysokiej jakości nie wykazywały poprawy zdolności kiełkowania pod wpływem naświetlania laserowego. Podobnie w badaniach Rochalskiej (2002a) traktowanie zmiennym polem magnetycznym nie wpływało w sposób istotny na kiełkowanie ziarniaków pszenicy i pszenżyta dobrej jakości oraz wzrost siewek wykształconych z tych nasion. Dodatkowo w badaniach własnych u nasion charakteryzujących się bardzo wysoką zdolnością kiełkowania (97%) stwierdzono nawet spadek energii i zdolności kiełkowania w efekcie stymulacji wszystkimi metodami.

W prezentowanej pracy najbardziej korzystne efekty stymulacji zarejestrowano w przypadku nasion o zdolności kiełkowania około 80%. Były to nasiona 7-letnie, które ze względu na długość życia nasion rzodkiewki można uznać za stare. Traktowanie tych nasion polem magnetycznym, polem elektrycznym i światłem lasera przyczyniło się do poprawy niektórych parametrów kiełkowania. Stwierdzono wzrost energii i zdolności kiełkowania oraz skrócenie czasu potrzebnego do wykiełkowania nasion. W zależności od partii nasion i metody stymulacji wzrost energii kiełkowania wynosił od 14,9 do 31,8%. Powszechnie uważa się, że energia kiełkowania jest bardzo ważnym wskaźnikiem jakości nasion. Nasiona o wysokiej energii kiełkowania dają równomierne wschody, co zapewnia odpowiednią obsadę i wyrównany rozwój roślin.

W przeprowadzonym doświadczeniu maksymalny wzrost zdolności kiełkowania nasion starych w następstwie stymulacji wynosił 10%. Wyniki te są zgodne z badaniami innych autorów. W doświadczeniu Pietruszewskiego (2002) pole elektryczne stosowane do przedsięwziętej stymulacji spowodowało wzrost zdolności kiełkowania nasion pomidora o obniżonych parametrach jakościowych prawie o 50%. Naświetlanie starych nasion grochu światłem lasera helowo-neonowego wpłynęło na poprawę energii i zdolności kiełkowania oraz zwiększenie liczebności wschodów (Krawiec i Dziwulska-Hunek 2009). Natomiast badania przeprowadzone przez Rochalską (2002b) wykazały, że zmienne pole magnetyczne niskiej częstotliwości wpłynęło na zwiększenie polowej zdolności wschodów pszenżyta z wysiewu nasion starych.

Z danych literatury wynika, że kiełkowanie nasion starych jest zwykle długotrwałe i nierównomierne, a wschody słabe i przerzedzone, co wpływa ujemnie na

wielkość plonu. Rośliny z nasion starych są przy tym na ogół mniej odporne na niesprzyjające warunki środowiska oraz na czynniki chorobotwórcze. Starzenie się nasion rozpoczyna się od reakcji oksydacyjnych zachodzących w cytomembranach. W ich następstwie zachodzi stopniowy i częściowy rozpad fosfolipidów oraz denaturacja białek. Tworzą się reaktywne rodniki o właściwościach toksycznych i mutagennych. Zmieniona wskutek autooksydacji i utleniania enzymatycznego struktura cytomembran traci właściwości selektywnej przepuszczalności oraz bariery ochronnej przed destrukcyjnym działaniem czynników zewnętrznych. Natężenie i kierunek zmian destrukcyjnych zależą w pewnej mierze od warunków przechowywania i gatunku nasion (Grzesiuk i Kulka 1981).

Istnieją różne teorie, które starają się wyjaśnić biologiczne skutki oddziaływania poszczególnych czynników fizycznych zastosowanych w niniejszej pracy. Na przykład zmienne pole magnetyczne może wpływać na biologiczne funkcje organizmów przez zmiany koncentracji hormonów, zmiany aktywności enzymów oraz transportu jonów przez błony komórkowe lub zmiany w syntezie DNA (Strasak i in. 2002). Aksenov i in. (1996) analizując wpływ stymulacji starych ziarniaków pszenicy polem magnetycznym niskiej częstotliwości udowodnili, że wzrost udziału nasion wykiełkowanych był związany ze zwiększeniem aktywności enzymów. Prawdopodobnie mechanizm ten występuje również u innych gatunków.

WNIOSKI

1. Reakcja nasion rzodkiewki odmiany 'Mila' na stymulację zmiennym polem magnetycznym, zmiennym polem elektrycznym i światłem lasera He-Ne o zastosowanych parametrach była uzależniona od ich jakości.

2. Stymulacja starych nasion rzodkiewki (o początkowej zdolności kiełkowania poniżej 90%) wybranymi czynnikami fizycznymi wpłynęła pozytywnie na wzrost energii i zdolności kiełkowania, skrócenie czasu potrzebnego do wykiełkowania 25 i 50% ogólnej liczby kiełkujących nasion oraz średniego czasu kiełkowania jednego nasiona.

3. Stymulacja nasion rzodkiewki zmiennym polem magnetycznym, zmiennym polem elektrycznym i światłem lasera He-Ne o wybranych parametrach wpłynęła pozytywnie na wzrost suchej masy siewki.

PIŚMIENNICTWO

- Aksenov S.I., Bulychev A.A., Grunina T. Y., Turovetskii V.B., 1996. Mechanisms of the action of a low-frequency magnetic field on the initial stages of germination of wheat seeds. *Biophysics*, 41 (4), 931-937.
- Dąbrowska B., Krawiec M., 2007. Materiał siewny roślin warzywnych. Ogólna uprawa warzyw. Pr. zbior. pod red. M. Knaflewskiego. PWRiL, Poznań, 157-179.

- Dziwulska-Hunek A., Kornarzyński K., Pietruszewski S., Szot B., 2009. Effect of laser and variable magnetic field stimulation on amaranth seeds germination. *Int. Agrophysics*, 23, 229-235.
- Gładyszewska B., Koper R., 2002. Ocena wpływu przedśiewnej laserowej biostymulacji nasion pomidorów na proces ich kielkowania. *Acta Agrophysica*, 62, 5-14.
- Grzesiuk S., Kulka K., 1981. *Fizjologia i biochemia nasion*. PWRiL. Warszawa.
- Hernandez Aguilar C., Dominguez-Pacheco A., Carballo A. C. Cruz-Orea A., Ivanov R., Lopez Bonilla J. L., Valcarcel Montanez J. P., 2009. Alternating field irradiation effects on three genotype maize seed field performance. *Acta Agrophysica*, 14 (1) 7-17.
- ISTA., 1995. *Handbook of vigour test methods*. 92-103.
- Kopec B., 1983. Wykorzystanie energii pola elektrycznego do przedśiewnej obróbki nasion. *Post. Nauk Roln.*, 3, 51-64.
- Koper R., 1994. Pre-sowing laser biostimulation of seeds of cultivated plants and its results in agrotechnics. *Int. Agrophysics*, 8, 593-596.
- Koper R., Dygdała Z., 1993. Urządzenie do obróbki przedśiewnej nasion promieniowaniem laserowym. Patent UPRP, nr 162598, WUP nr 12, 1111.
- Koper R., Dziwulska A., Wilczek M., 2004. Ocena wpływu światła lasera He-Ne na zdolność kielkowania nasion koniczyny białej odmiany Anda. *Acta Agrophysica*, 3 (3) 435-441.
- Krawiec M., Dziwulska-Hunek A., 2009. Wpływ przedśiewnej stymulacji laserowej na kielkowanie nasion grochu (*Pisum sativum* L.) i wschody polowe. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 539, 359-364.
- Marks N., Szecówka P., 2011. Wpływ stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym na plonowanie ziemniaków. *Acta Agrophysica*, 17 (1) 135-150.
- Phirke P.S., Kubde A.B., Umbarkar S.P., 1996. The influence of magnetic field on plant growth. *Seed Sci. & Technol.*, 24, 375-392.
- Pietruszewski S., 2000. Elektromagnes. Wzór użytkowy UPRP, nr 108883, BUP nr 11, 78-79.
- Pietruszewski S., 2002. Wpływ pól magnetycznych i elektrycznych na kielkowanie nasion wybranych gatunków roślin uprawnych. *Acta Sci. Polon. Tech. Agraria*, 1 (1), 75-81.
- Pietruszewski S., 2003. Elektromagnes. Wzór użytkowy UPRP Udzielone prawo ochronne, nr 59863, WUP nr 7, 1077.
- Podleśny J., 2004. Wpływ stymulacji magnetycznej nasion na wzrost, rozwój i plonowanie roślin uprawnych. *Acta Agrophysica*, 4 (2) 459-473.
- Podleśny J., Koper R., 1998. Efektywność stosowania przedśiewnej obróbki nasion łubinu białego światłem laserowym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 454, 255-262.
- Podleśny J., Pietruszewski S., Podleśna A., 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. *Int. Agrophysics*, 18, 65-71.
- Polska Norma PN-R-67050, 1996. Materiał siewny. Nasiona roślin warzywnych.
- Prokop M., Pietruszewski S., Kornarzyński K., 2002. Wstępne badania wpływu zmiennych pól magnetycznych i elektrycznych na kielkowanie, plony oraz cechy mechaniczne korzeni rzodkiewki i rzodkwi. *Acta Agrophysica*, 62, 83-93.
- Rochalska M. 2002a., 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.
- Roszko A., Michalik B., 2002. Wpływ naświetlania laserem na wartość siewną marchwi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 488, 425-430.

- Słodkowski P., Rekowski E., 2004. Efficiency of flat covers on yielding of some vegetable species grown for bunch harvest. *Folia Universtatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura*. 234 (93), 361-365.
- Soltani F., Kashi A., Arghavani M., 2006. Effect of magnetic field on *Ocimum basilicum* seed germination and seedling growth. *Acta Horticulturae*, 723, 279-282.
- Strasak L., Vetterl V., Smarda J., 2002. Effects of low-frequency magnetic fields on bacteria *Escherichia coli*. *Bioelectrochemistry*, 55, 161-164.
- Wilczek M., Ćwintal M., Kornas-Czuczwar B., Koper R., 2006. Wpływ laserowej stymulacji nasion na plonowanie di- i tetraploidalnej koniczyny czerwonej w roku siewu. *Acta Agrophysica*, 8 (2), 527-536.
- Wilczek M., Ćwintal M., 2009. Ocena możliwości poprawy wartości siewnej nasion koniczyny czerwonej poprzez zastosowanie przedsewnej symulacji laserowej. *Acta Agrophysica*, 14 (1) 221-231.
- Wójcik S., 1994. Effects of seed irradiation with laser on the yield and chemical composition of sugar beet roots. *Int. Agrophysics*, 8, 539-542.

EFFECT OF SELECTED PHYSICAL FACTORS ON RADISH (*RAPHANUS SATIVUS* L.) SEEDS GERMINATION

*Marcela Krawiec*¹, *Agata Dziwulska-Hunek*², *Krzysztof Kornarzyński*²,
*Salwina Palonka*¹

¹Department of Seed Science and Horticultural Nursery, University of Life Sciences in Lublin
ul. Leszczyński 58, 20-068 Lublin
e-mail: marcela.krawiec@up.lublin.pl

²Department of Physics, University of Life Sciences in Lublin
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Abstract. Some physical factors such as magnetic field, electric field, He-Ne laser light are used in agriculture as seed conditioning methods. Studies showed that they can cause an increase of seed germination capacity, acceleration and evenness of emergence, yield increase of crops. The influence of these physical factors on the high quality seeds was usually investigated in different studies, while not many works have been concerned with seeds of worse quality. The purpose of the study was to determine the effect of alternating magnetic field, alternating electric field and He-Ne laser light treatment on radish seed germination, taking into consideration old seeds. The studies material were 6 radish seed lots of 'Mila' cultivar. Its germination capacity was from 78.8% to 97%. Its age was 1-7 years. Because the longevity of radish seed is 6-7 years, the 7-year old seeds were treated as old. It was found out that response of radish seeds to alternating magnetic field, alternating electric field and He-Ne laser light exposure depends on their quality. Stimulation of old radish seeds (with germination capacity about 80%) caused a significant increase of germination capacity, germination at first counting, shortening of the time required for germination of 25% and 50% of the maximum germination (T_{25}, T_{50}) and mean germination time (MGT). High quality radish seeds (with germination capacity above 90%) did not respond positively to the physical factors applied. Treatment of radish seeds with alternating magnetic field, alternating electric field and He-Ne laser light influenced favourably the increase of seedling dry weight.

Keywords: radish, magnetic field, electric field, laser light, seed, germination