

WPŁYW STYMULACJI ELEKTROMAGNETYCZNEJ NA WARTOŚĆ SIEWNĄ NASION DWÓCH ODMIAN KONICZYNY BIAŁEJ

Marek Cwintal¹, Agata Dziwulska-Hunek², Anna Przybylska¹

¹Zakład Agrometeorologii, Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

²Katedra Fizyki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
e-mail: agata.dziwulska-hunek@up.lublin.pl

Streszczenie. Nasiona koniczyny białej średniolistnej odmiany Barda i wielkolistej Cyma stymulowano wiązką lasera He-Ne, zmiennym polem magnetycznym oraz kombinacją światła lasera i pola magnetycznego. W badaniach laboratoryjnych określono: energię i zdolność kiełkowania oraz procentowy udział nasion normalnie i nienormalnie kiełkujących, twardych oraz porażonych przez choroby grzybowe. Proces kiełkowania prowadzono zgodnie z zaleceniami ISTA (2009) i Rozporządzenia Min. Roln. i Roz. Wsi (Dz. U. z dn. 28.01.2013 r.). Materiał siewny odmiany Barda charakteryzował się istotnie mniejszą energią kiełkowania oraz zawierał istotnie więcej nasion twardych a mniej nasion normalnie i nienormalnie kiełkujących w porównaniu z odmianą Cyma. Stymulacja elektromagnetyczna w kombinacji L+P istotnie zwiększała udział nasion normalnie kiełkujących u odmiany Barda, a u obu odmian zmniejszała udział nasion nienormalnie kiełkujących.

Słowa kluczowe: koniczyna biała, nasiona, odmiany, stymulacja elektromagnetyczna

WSTĘP

Koniczyna biała (*Trifolium repens* L.) należy do roślin bobowatych drobnonasiennej. Ze względu na niskie koszty produkcji oraz wysoką wartość paszową, głównie dla zwierząt przeżuwających, jest najważniejszą rośliną uprawianą na trwałych użytkach zielonych, a także na gruntach ornych w mieszankach pastewnych z trawami (Nichols i in. 2014, Ballizany i in. 2012, Majumdar i Banerjee 2004, Tiryaki i in. 2009, Winters i in. 2004).

Wśród odmian uprawnych tego gatunku występują zarówno średniolistne, jak i wielkoliste. Różnią się one wymaganiami siedliskowymi, cechami morfologicznymi i użytkowaniem (http://www.ihar.edu.pl/odmiany_traw_i_motylkowatych_drobnonasienych.php).

Nasiona koniczyny białej charakteryzują się szczególnymi cechami użytkowymi, dlatego też jako kwalifikowany materiał siewny powinny spełniać parametry jakości zgodnie z obowiązującymi przepisami (Dz. U. z dn. 28.01.2013r.). Do frakcji obniżających wartość siewną koniczyny białej należą nasiona twarde, nienormalnie kiełkujące i porażone patogenami grzybowymi. W warunkach produkcyjnych jakość nasion ma zasadniczy wpływ na przebieg wschodów oraz kształtowanie struktury zagęszczenia łąnu. Szczególnie ważna jest zdolność kiełkowania koniczyny przy wysiewie mieszanek koniczynowo-trawiastych, w warunkach dużej konkurencyjności międzygatunkowej i zmienności glebowej (Baryła i Kulik 2005).

W celu zapewnienia wysokiej wartości siewnej nasion roślin uprawnych stosuje się różne metody uszlachetniania, między innymi preparaty chemiczne takie jak: zaprawy nasienne, regulatory wzrostu i in., a także czynniki fizyczne, w tym światło lasera oraz pole magnetyczne (Aladjadjiyan 2010, Hernandez i in. 2010, Martinez i in. 2009, Vasilevski 2003). Zabiegi te stosuje się przede wszystkim w celu pobudzenia nasion do lepszego kiełkowania oraz szybszych wschodów w różnych warunkach siewu (Grzesik i in. 2012). W aktualnie preferowanym rolnictwie zrównoważonym popularne stają się metody fizyczne, które uważane są za bezpieczniejsze dla środowiska (Dziwulska i in. 2004). Pozytywne efekty stosowania czynników elektromagnetycznych w stymulacji wielu roślin uprawnych (Azharonok i in. 2009, Ćwintal i Dziwulska-Hunek 2013, Golshani i Asgharipour 2014, Iqbal i in. 2012, Pozelienė i Lynikiene 2009) i warzywnych (Krawiec i in. 2015, Shabrangi i in. 2011, De Souza i in. 2005) były inspiracją do przeprowadzenia badań laboratoryjnych z nasionami koniczyny białej. W badaniach założono, że stymulacja nasion czynnikami fizycznymi wpłynie pozytywnie na parametry ich kiełkowania. Oczekiwano odpowiedzi na pytanie, w jakim zakresie czynniki stymulacji różnicują poszczególne frakcje nasion w materiale siewnym różnych odmian koniczyny białej.

Celem eksperymentu było określenie wpływu różnych wariantów stymulacji elektromagnetycznej na cechy jakościowe oraz wartość siewną nasion dwóch typów odmian koniczyny białej, średniolistnej – Barda i wielkolistnej – Cyma.

MATERIAŁ I METODYKA

Obiektem badawczym były nasiona koniczyny białej: średniolistnej odmiany Barda i wielkolistnej – Cyma, które pochodziły ze zbioru w roku 2011 z obiektu kontrolnego ścisłych doświadczeń polowych.

Ocenę wartości siewnej nasion obu odmian przeprowadzono w eksperymencie laboratoryjnym wiosną 2016 roku. Nasiona poddano następującym czynnikom stymulacji: K – kontrola (niestymulowane), L – światło lasera He-Ne o powierzchniowej gęstości mocy $4 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$ w czasie ekspozycji 60 s, P – zmienne pole magnetyczne o indukcji 30 mT i czasie ekspozycji 60 s, L+P – kombinacja światła lasera i zmiennego pola magnetycznego o powyższych parametrach. Zabieg stymulacji przeprowadzono

bezpośrednio przed kiełkowaniem. Do stymulacji wiązką lasera zastosowano zmodyfikowane urządzenie zbudowane na bazie patentu Kopera (1996), w którym nasiona ułożone jednowarstwowo w naczyniu były naświetlane z góry o określonym czasie ekspozycji, odmiennie niż w urządzeniu Kopera, gdzie była to rynienka, z której nasiona spadały swobodnie przez wiązkę promieni lasera. Stymulacja zmiennym polem magnetycznym odbyła się na elektromagnesie Pietruszewskiego (wzór użytkowy 2003).

Doświadczenie przeprowadzono metodą kompletnej randomizacji w czterech powtórzeniach na płytkach Petriego, wyłożonych bibułą nawilżoną wodą destylowaną, w temperaturze 20°C. Wysiano po 100 nasion na każdej płytce, zgodnie z zaleceniami ISTA (1999) i Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych wymagań, dotyczących wytwarzania oraz jakości materiału siewnego (Dz. U. z dn. 28. 01. 2013 r). W badaniach określono takie parametry, jak: energia i zdolność kiełkowania oraz procentowy udział nasion normalnie i nie-normalnie kiełkujących, twardych i porażonych chorobami grzybowymi. Energię kiełkowania oznaczono po 4 dniach, zaś zdolność kiełkowania po 10 dniach.

Za pomocą analizy wariancji (ANOVA), testem NIR sprawdzono różnice statystyczne pomiędzy kontrolą a czynnikami stymulacji elektromagnetycznej oraz pomiędzy odmianami. Za pomocą współczynników korelacji r-Pearsona określono siłę zależności prostoliniowej między kontrolą a czynnikami stymulacji elektromagnetycznej dla każdej z odmian koniczyny białej.

otrzymane wyniki opracowano za pomocą programu STATISTICA 12.0, wykorzystując analizę ANOVA, test NIR przy poziomie istotności $\alpha = 0.05$ oraz współczynniki korelacji r-Pearsona.

WYNIKI

W tabeli 1 zestawiono wartości współczynników korelacji r-Pearsona dla poszczególnych cech nasion koniczyny białej w zależności od stosowanych czynników stymulacji w porównaniu z kontrolą. Wartości te u badanych odmian wykazują duży zakres zmienności.

Analizując wpływ wariantów stymulacji elektromagnetycznej na energię kiełkowania nasion badanych odmian koniczyny białej, należy stwierdzić, że nie spowodowały one istotnego zróżnicowania tej cechy (rys. 1). Wystąpiła natomiast tendencja wzrostowa energii kiełkowania, dla której najlepsze efekty stwierdzono w kombinacji łącznego stosowania światła lasera i zmiennego pola magnetycznego. Wzrost ten wystąpił u obu odmian i wyniósł dla Bardy 2,5%, a dla Cymy 7,3%, w odniesieniu do obiektu kontrolnego. U odmiany Cyma wartość współczynnika korelacji dla stymulacji światłem lasera wynosiła $r = 0,84$ (tab. 1). Z kolei w przypadku odmiany Barda wystąpiła słaba korelacja ($r = 0,31$) pomiędzy obiektem kontrolnym a stymulacją światłem lasera i polem magnetycznym. Ujemną korelację zanotowano w przypadku energii

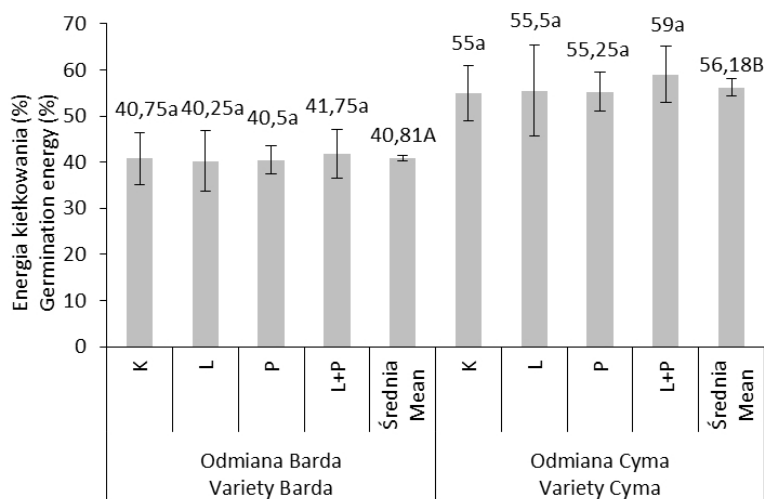
kielkowania dla obiektu ze stymulacją polem magnetycznym, przy czym silny związek wystąpił u odmiany Cyma ($r = -0,70$), a słaby u odmiany Barda ($r = -0,20$). Istotnie większą energią kielkowania odznaczała się odmiana Cyma, u której średnia wartość przekraczała 56%, natomiast u odmiany Barda wynosiła niecałe 41%.

Tabela 1. Wartości współczynników korelacji r-Persona pomiędzy czynnikami stymulacji a kontrolą dla badanych cechy nasion koniczyny białej

Table 1. Values of correlation coefficients of r-Persona between the factors of stimulation and control for the studied traits of seeds white clover

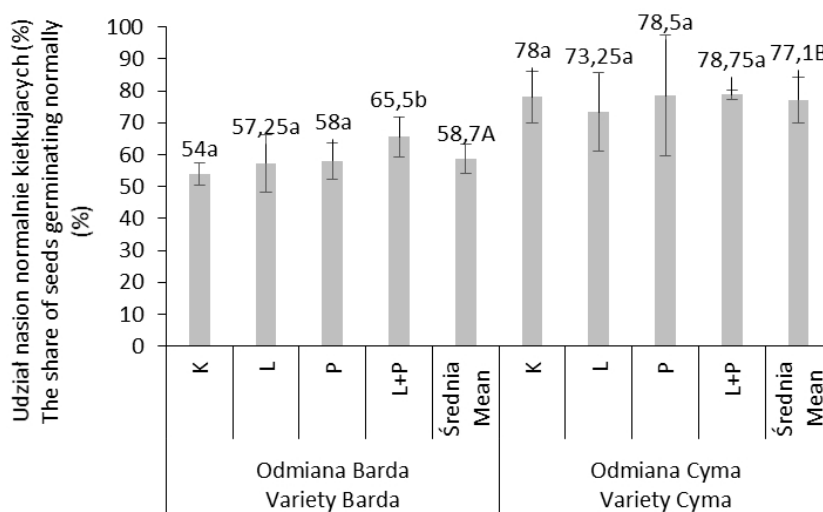
Wyszczególnienie / Specification	Barda			Cyma		
	L / L	P / F	L+P / L+F	L / L	P / F	L+P / L+F
Energia kielkowania / Germination energy	-0,09	-0,20	0,31	0,84	-0,70	-0,40
Zdolność kielkowania / Germination capacity	0,71	-0,27	-0,55	-0,46	-0,01	0,38
Udział nasion normalnie kiełkujących Share of seeds germinating normally	-0,80	-0,12	0,73	-0,16	-0,25	0,80
Udział nasion anormalnie kiełkujących Share of seeds germinating abnormally	0,88	0,71	-0,93	-0,14	-0,30	0,51
Udział nasion twardych / Hard seeds	-0,88	-0,06	-0,43	0,72	-0,57	-0,99
Udział nasion porażonych chorobami grzybowymi Share of seeds infected with pathogenic fungi	-0,54	0,89	-0,08	-0,01	-0,21	0,76

K – kontrola C – control, L – światło lasera L – laser light, P – pole magnetyczne F – magnetic field, L+P – kombinacja światła lasera i pola magnetyczna L+P – the combination of laser light and magnetic field



Rys. 1. Energia kielkowania nasion koniczyny białej; a, b – różne litery oznaczają różnice statystyczną pomiędzy elektromagnetycznymi czynnikami; A, B – różne litery oznaczają różnice statystyczną pomiędzy odmianami
Fig. 1. Germination energy of white clover seeds; a, b – different letters indicate statistical differences between electromagnetic factors; A, B – different letters indicate statistical differences between varieties

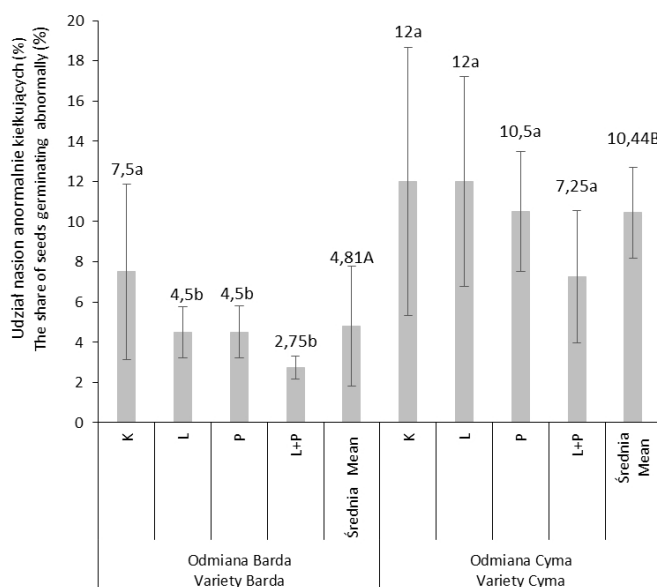
Udział frakcji nasion normalnie kiełkujących ma zasadniczy wpływ na jakość materiału siewnego koniczyny białej. W nasionach testowanych odmian frakcja ta była zróżnicowana i wynosiła od 54,0 do 65,5% (Barda) oraz od 73,25 do 78,75% (Cyma) (rys. 2). Średni udział takich nasion u odmiany Cyma był istotnie większy niż u odmiany Barda. Analiza statystyczna wykazała, że w przypadku odmiany Barda wystąpił wzrost udziału nasion normalnie kiełkujących we wszystkich kombinacjach stymulacji, przy czym istotny był tylko w obiekcie L+P. U tej odmiany stwierdzono silną korelację ($r = 0,73$) pomiędzy obiektem kontrolnym a stymulacją laserem i polem magnetycznym. U odmiany Cyma stymulacja nie miała istotnego wpływu na udział nasion normalnie kiełkujących, a silna korelacja ($r = 0,80$) wystąpiła podobnie jak u odmiany Barda.



Rys. 2. Udział nasion normalnie kiełkujących koniczyny białej

Fig. 2. The share of white clover seeds germinating normally

Nasiona nienormalnie kiełkujące stanowią frakcję obniżającą zdolność kiełkowania koniczyny białej. Istotnie mniejszym udziałem nasion tej frakcji charakteryzowała się odmiana Barda niż Cyma (rys. 3). U średniolistej Bardy frakcja nasion nienormalnie kiełkujących zmniejszała się istotnie pod wpływem wszystkich kombinacji stymulacji elektromagnetycznej, a najmniej było ich po stymulacji L+P. Z kolei odmiana Cyma wykazała taką reakcję tylko przy łącznym stosowaniu światła lasera i pola magnetycznego. Silna korelacja u odmiany Barda w przypadku tej cechy wystąpiła pod wpływem światła lasera ($r = 0,88$) oraz pola magnetycznego ($r = 0,71$) w odniesieniu do kontroli, natomiast u odmiany Cyma zanotowano korelację umiarkowaną ($r = 0,51$) dla stymulacji światłem lasera i polem magnetycznym stosowanymi łącznie.

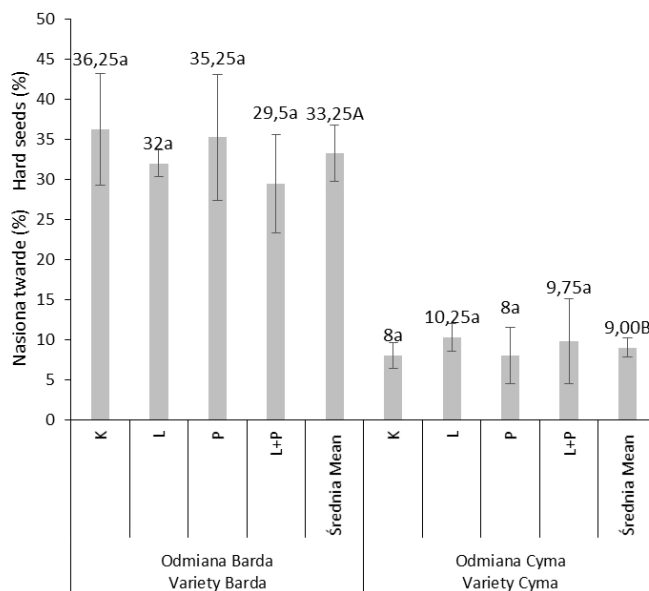


Rys. 3. Udział nasion anormalnie kiełkujących koniczyny białej

Fig. 3. The share of white clover seeds germinating abnormally

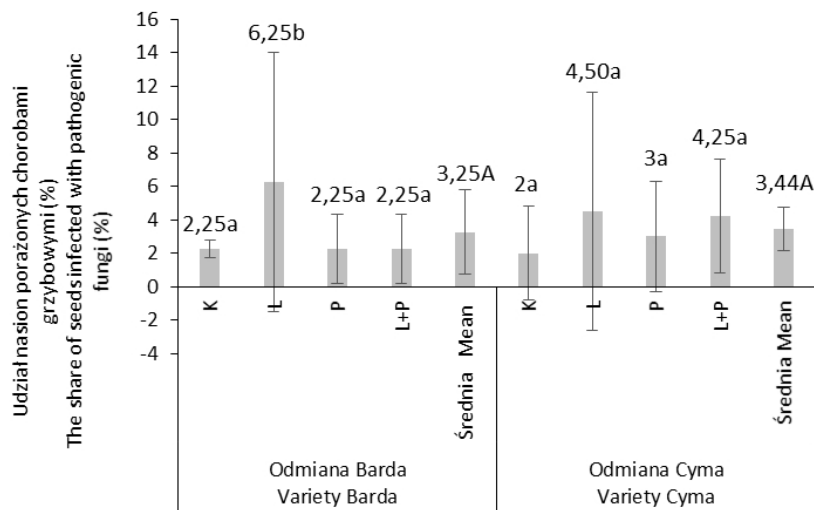
Nasiona twarde stanowiły istotnie większy udział w materiale siewnym średniolistnej odmiany Barda niż wielkolistnej – Cyma (rys. 4). Stymulacja elektromagnetyczna nie miała istotnego wpływu na ich zmienność u obu odmian. Wartość współczynnika korelacji r-Pearsona była zróżnicowana u poszczególnych odmian. W przypadku Bardy wystąpiła silna ujemna korelacja dla stymulacji światłem lasera, natomiast u Cymy wystąpiła dodatnia korelacja. Ponadto u tej odmiany zanotowano bardzo silną ujemną korelację ($r = -0,99$) dla stymulacji światłem lasera i polem magnetycznym w porównaniu z obiektem kontrolnym, natomiast u odmiany Barda była ona umiarkowana ($r = -0,43$).

Udział nasion porażonych chorobami grzybowymi nie wykazywał istotnego zróżnicowania pomiędzy odmianami, a także pomiędzy wariantami stymulacji elektromagnetycznej i wynosił średnio 3,25 (Barda) oraz 3,44% (Cyma) (rys. 5). W przypadku tej cechy silną dodatnią korelację u Bardy wykazano pod wpływem pola magnetycznego ($r = 0,89$), natomiast u Cymy po zastosowaniu światła lasera i pola magnetycznego łącznie ($r = 0,76$).



Rys. 4. Nasiona twarde koniczyny białej

Fig. 4. Hard seeds of white clover

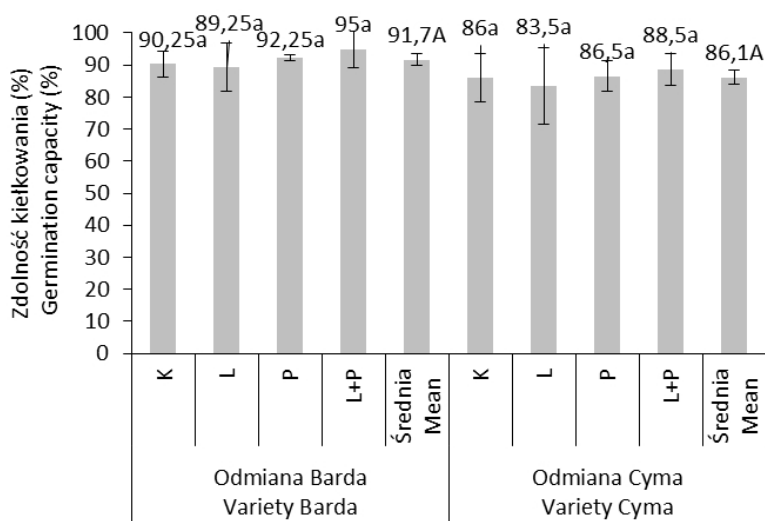


Rys. 5. Udział nasion porażonych chorobami grzybowymi koniczyny białej

Fig. 5. The share of white clover seeds infected with pathogenic fungi

Wyliczona zdolność kiełkowania nasion koniczyny białej wynosiła średnio 91,7% u odmiany Barda oraz 86,1% u odmiany Cyma i pomiędzy odmianami nie różniła się statystycznie (rys. 6). Także stymulacja elektromagnetyczna nie

spowodowała istotnych zmian w zdolności kiełkowania porównywanych odmian. Należy jednak podkreślić, że najwyższą zdolność kiełkowania obu odmian koniczyny białej zanotowano po stymulacji nasion łącznie światłem lasera i polem magnetycznym. Wzrost ten wynosił 5,3% u Bardy oraz 2,9% u Cymy w porównaniu z kontrolą. O uzyskanym wyniku zdecydował przede wszystkim sposób określania zdolności kiełkowania koniczyny białej, na którą składa się suma nasion normalnie kiełkujących i twardych w ilości do 40%.



Rys. 6. Zdolność kiełkowania nasion koniczyny białej

Fig. 6. Germination capacity of white clover seeds

DYSKUSJA

Jakość nasion odgrywa ważną rolę w warunkach produkcyjnych koniczyny białej, ponieważ wpływa bezpośrednio na wschody, strukturę ładu a także dalszy jej wzrost i rozwój oraz plonowanie (Baryła i Kulik 2005, Ćwintal i Wilczek 2014, Rybak 1982, Rybak i Nadolnik 1988, Starzycki 1981).

Poszczególne parametry charakteryzujące wartość siewną nasion roślin rolniczych zależą od wielu czynników, głównie genetycznych i siedliskowych, ale także od zabiegów uszlachetniających (Górecki i Grzesiuk 1994). Ważną cechą, charakteryzującą tempo wschodów jest energia kiełkowania. W niniejszym eksperymencie cecha ta różniła się istotnie pomiędzy badanymi odmianami i była większa u odmiany Cyma, natomiast nie modyfikowały jej czynniki stymulacji. Wynika z tego, że genetyczne uwarunkowania zmienności omawianej cechy są

większe od czynników doświadczenia (Górecki i Grzesiuk 1994). Odmienny efekt uzyskano w badaniach z nasionami diploidalnej koniczyny czerwonej, u których naświetlanie laserem podwyższało energię kiełkowania w stosunku do obiektu kontrolnego, a największy wzrost wynosił 9,4% (Wilczek i Ćwintal 2009).

Nasiona normalnie kiełkujące są główną frakcją w materiale siewnym, a ich potwierdzone statystycznie zróżnicowanie w przeprowadzonym eksperymencie wystąpiło między odmianami i wariantami stymulacji. Większym udziałem tej frakcji nasion charakteryzowała się odmiana Cyma. Poza tym u odmiany Barda udział nasion normalnie kiełkujących istotnie wzrósł pod wpływem stymulacji L+P. W badaniach Dziwulskiej i in. (2004) stwierdzono pod wpływem stymulacji światłem lasera wzrost udziału nasion normalnie kiełkujących u odmiany Anda, który wynosił od 51,25 do 66,25% i był podobny jak u odmiany Barda (54,0-65,5%), natomiast u Cymy był wyższy (63,5-79,2%). W przypadku koniczyny czerwonej frakcja nasion normalnie kiełkujących wynosiła od 80,0 do 84,0% i była wyższa niż u koniczyny białej (Wilczek i in. 2004).

Nasiona nienormalnie kiełkujące obniżają wartość materiału siewnego koniczyny białej. Wszystkie warianty stymulacji elektromagnetycznej istotnie zmniejszały udział nasion nienormalnie kiełkujących, ale tylko u średniolistnej odmiany Barda. Podobne wyniki uzyskano w innych badaniach (Aladjadjiyan 2007, Dziwulska i in. 2004, Pastore i in. 1996, Cai i in. 2000, Wilczek i in. 2004). Takiej zależności nie stwierdzono u odmiany Cyma, co prawdopodobnie wynika z uwarunkowań genetycznych (Grzesik i in. 2012).

Bardzo dużo nasion twardych było w materiale siewnym odmiany Barda (33,0%), natomiast istotnie mniej u odmiany Cyma (9,0%). Stymulacja elektromagnetyczna nie różnicowała istotnie udziału tej frakcji. Jest to wynik odmienny od uzyskanego w badaniach z odmianą Anda (Dziwulska i in. 2004), u której zanotowano istotny spadek udziału nasion twardych z 32,5 (kontrola) do 24,75% (przy jednokrotnym naświetlaniu laserem o powierzchniowej gęstości mocy $6 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$). W niniejszych badaniach zbliżone efekty zanotowano u odmiany Barda: 36,25 (K) i 28,5 % (L+P).

Z badań Ćwintala i Wilczka (2014) wynika, iż udział nasion twardych istotnie zmieniał się pod wpływem pogody, jak i czynników agrotechnicznych. Więcej nasion twardych było w roku suchszym oraz przy wysiewie rzadszym (w ilości $2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-2}$ i rozstawie rzędów 30 cm).

Nasiona porażone patogenami grzybowymi w niniejszych badaniach stanowiły od 2,25 do 6,25%. Ich udział był większy od wyników uzyskanych w badaniach Dziwulskiej i in. (2004), gdzie wahał się od 0,0 do 1,4%. W badaniach własnych zanotowano wzrost udziału takich nasion pod wpływem stymulacji laserem, szczególnie wyraźny u odmiany Barda. Z badań Wilczka i in. (2004) oraz Ćwintala i in. (2010) wynika, że wpływ stymulacji laserowej na patogenny grzybowe zasiedlające

okrywą nasienną nie jest jednoznaczny. Zależy bowiem od występujących tam szczepów grzybów. Grzyby z rodzaju *Phoma*, a przede wszystkim *Penicillium* są ograniczane przez promienie lasera, natomiast grzyby z rodzaju *Alternaria* wzmagają swój rozwój pod wpływem tego czynnika. Określona zdolność kiełkowania nasion obu odmian, w myśl obowiązujących przepisów (Dz. U. z dn. 28.01.2013 r.), pozwala zaliczyć je do kwalifikowanego materiału siewnego.

WNIOSKI

1. Nasiona odmiany Barda charakteryzowały się istotnie mniejszą energią kiełkowania oraz zawierały istotnie więcej nasion twardych a mniej normalnie i nienormalnie kiełkujących w porównaniu z odmianą Cyma.

2. Wszystkie warianty stymulacji elektromagnetycznej istotnie zmniejszyły udział nasion nienormalnie kiełkujących u odmiany Barda, natomiast u Cymy tylko kombinacja L+P.

3. Stymulacja nasion światłem lasera wpływała na wzrost udziału nasion porażonych patogenami grzybowymi. Istotny wpływ zanotowano u odmiany Barda.

4. Nasiona obu odmian spełniały wymagania określone przepisami dla kwalifikowanego materiału siewnego koniczyny białej.

PIŚMIENNICTWO

- Aladjadjian A., 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. J. Central Eur. Agric., 8(3), 369-380.
- Aladjadjian A., 2010. Influence of stationary magnetic field on lentil seeds. Int. Agrophys., 24(3), 321-324.
- Azharonok V.V., Goncharik S.V., Filatova I.I., Shik A.S., Antonyuk A.S., 2009. The effect of the high frequency electromagnetic treatment of the sowing material for legumes on their sowing quality and productivity. Surface Eng. Appl. Electrochem., 45, 318-328.
- Ballizany W.L., Hofmann R.W., Jahufer M.Z.Z., Barrett B.A., 2012. Genotype x environment analysis of flavonoid accumulation and morphology in white clover under contrasting field conditions. Field Crops Research, 128, 156-166.
- Baryła R., Kulik M., 2005. Plonowanie i skład gatunkowy runi wybranych mieszanek pastwiskowych w zróżnicowanych warunkach glebowych. Acta Sci. Pol., Agricultura, 4(2), 17-28.
- Cai S.W., Qi Z., Ma X.L., 2000. The effects of He-Ne laser irradiation on soluble protein synthesis of corn seedling, Chin. J. Lasers, 27, 284-288.
- Ćwintal M., Dziwulska-Hunek A., 2013. Effect of electromagnetic stimulation of alfalfa seeds. Int. Agrophys., 27(4), 391-401. Doi: 10.2478/intag-2013-0009.
- Ćwintal M., Sowa P., Goliasz S., 2010. Wpływ mikroelementów (B, Mo) i stymulacji laserowej na wartość siewną nasion koniczyny czerwonej. Acta Agroph., 15(1), 65-76.
- Ćwintal M., Wilczek M., 2014. Wpływ warunków pogodowych i czynników agrotechnicznych na wartość siewną nasion koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) Annales UMCS Sectio E, LXIX(4), 62-75.

- De Souza A., García D., Sueiro L., Licea L., Porras E., 2005. Pre-sowing magnetic treatment of tomato seeds: effects on the growth and yield of plants cultivated late in the season. *Span. J. Agric. Res.*, 3(1), 113-122.
- Dziennik Urzędowy Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2013. Obwieszczenie w sprawie wykazu gatunków roślin, których odmiany podlegają rejestracji oraz których materiał siewny może być wytwarzany, oceniany i kontrolowany z dnia 28.01.2013r. *Poz.* 3, 1-5.
- Dziwulska A., Koper R., Wilczek M., 2004. Ocena wpływu światła lasera He-Ne na zdolność kiełkowania nasion koniczyny białej odmiany Anda. *Acta Agroph.*, 3(3), 435-441.
- Golshani F., Asgharipour M.R., 2014. Electromagnetic application for stimulation of wheat seed germination and early seedling growth. *Int. J. Biosci.*, 5(6), 148-155.
- Górecki R.J., Grzesiuk S., 1994. Światowe tendencje i kierunki uszlachetniania materiałów nasiennej. W: *Uszlachetnianie materiałów nasiennych*. Olsztyn-Kortowo, 9-24.
- Grzesik M., Janas R., Górnik K., Romanowska-Duda Z., 2012. Biologiczne i fizyczne metody stosowane w produkcji i uszlachetnianiu nasion. *J. Res. Appl. Agric. Engng.*, 57(3), 147-152.
- Hernandez A.C., Dominguez P.A., Cruz O.A., Ivanov R., Carballo C.A., Zepeda B.R., 2010. Laser in agriculture. *Int. Agrophys.*, 24, 407-422.
- http://www.ihar.edu.pl/odmiany_traw_i_motylkowatych_drobnonasiennych.php
- Iqbal M., Haq Z.U., Jamil Y., Ahmad M.R., 2012. Effect of pre-sowing magnetic treatment on properties of pea. *Int. Agrophys.*, 26(1), 25-31. Doi: 10.2478/v10247-012-0004-z.
- ISTA, 2009. International Rules for Seed Testing. *Seed Sci. Technol.*, 24, supplement.
- Koper R., 1996. Urządzenie do przedsięwziętej laserowej biostymulacji nasion metodą ich naświetlania nastawnymi dawkami energii. Patent UPRP 296303. WUP 07/96.
- Krawiec M., Dziwulska-Hunek A., Sujak A., Palonka S., 2015. Laser irradiation effects on scorzonera (*Scorzonera hispanica* L.) seed germination and seedling emergence. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 14(2), 145-158.
- Majumdar S., Banerjee S., 2004. Vivipary in white clover (*Trifolium repens* L.). *Curr. Sci.*, 86(1), 29-30.
- Martinez E., Flórez M., Maqueda R., Carbonell M.V., Amaya J.M., 2009. Pea (*Pisum sativum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik) growth stimulation due to exposure to 125 and 250 mT stationary fields. *Pol. J. Environ. Stud.*, 18, 657-663.
- Nichols S.N., Hofmann R.W., Williams W.M., 2014. The effect of interspecific hybridization with *Trifolium uniflorum* on key white clover characteristics. *Field Crop. Res.*, 161, 107-117.
- Pastore D., Martino C., Bosco G., Passarella S., 1996. Stimulation of ATP synthesis via oxidative phosphorylation in wheat mitochondria irradiated with helium-neon laser. *Biochem. Mol. Biol. Int.*, 39(1), 149-157.
- Pietruszewski S., 2003. Electromagnet (in Polish). Utility model UPRP Protection rights No. 59863, WUP No. 7, 1077.
- Pozeliene A., Lynikiene S., 2009. The treatment of rape (*Bassica napus* L.) seeds white the help of electrical field. *Agron. Res.*, 7(1), 39-46.
- Rybak H., 1982. Uprawa koniczyny białej na nasiona. *Wyd. AR w Poznaniu*, 3-32.
- Rybak H., Nadolnik M., 1988. Wpływ patogenów grzybowych na kiełkowanie i wigor nasion koniczyny białej, *Biul. IHAR* 168, 65-71.
- Shabrangi A., Majd A., Sheidai M., 2011. Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on growth, cytogenetic, protein content and antioxidant system of *Zea mays* L. *Afr. J. Biotechnol.*, 10(46), 9362-9369
- Starzycki S., 1981. *Koniczyna*. PWRiL, Warszawa.
- Tiryaki I., Kizilsimsek M., Kaplan M., 2009. Rapid and enhanced germination at low temperature of alfalfa and white clover seeds following osmotic priming. *Trop. Grassl.*, 43, 171-177.

- Vasilevski G., 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. *Bulg. J. Plant Physiol.*, Special Issue, 179-186.
- Wilczek M., Ćwintal M., 2009. Ocena możliwości poprawy wartości siewnej nasion koniczyny czerwonej poprzez zastosowanie przedśiewnej stymulacji laserowej. *Acta Agroph.*, 14(1), 221-231.
- Wilczek M., Koper R., Ćwintal M., Kornilowicz-Kowalska T., 2004. Germination capacity and the health status of red clover seeds following laser treatment. *Int. Agrophys.*, 1(18), 289-293.
- Winters A.L., Michin F.R., Davies Z., Kingston-Smith A.H., Theodorou M.K., Griffith G.W., Merry R.J., 2004. Effects of manipulating the protein content of white clover on silage quality. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 116, 319-331.

EFFECT OF ELECTROMAGNETIC STIMULATION ON SOWING VALUE OF WHITE CLOVER SEEDS OF TWO VARIETIES

Marek Ćwintal¹, Agata Dziwulska-Hunek², Anna Przybylska¹

¹Department of Plant Production Technology and Commodity Science, University of Life Sciences
Akademicka 15, 20-950 Lublin, Poland

²Department of Physics, University of Life Sciences, Akademicka 13, Lublin, Poland
e-mail: agata.dziwulska-hunek@up.lublin.pl

Abstract. Seeds of white clover varieties Barda and Cyma were irradiated with He-Ne laser beam, alternating magnetic field, and the combination of laser light and magnetic field. In laboratory tests the following were determined: germination energy and capacity, percentage of seeds germinating normally and abnormally, hard seeds, and percentage of seeds infected with pathogenic fungi. The germination process was performed according to ISTA (2009) and Ordinance of the Ministry of Agriculture and Rural Development (Dz. U. of 28.01.2013). Seeds of Barda variety were characterised by a significantly lower energy germination and contained significantly more hard seeds and less seeds germinating normally and abnormally compared to the Cyma variety. Electromagnetic stimulation in the L+P treatment significantly increased the share of seeds germinating normally in Barda variety and decreased the percentage of seeds germinating abnormally in both varieties.

Key words: white clover, seeds, varieties, electromagnetic stimulation