

Wpływ stymulacji sadzeniaków (*Solanum tuberosum* L.) w polu magnetycznym na wybrane parametry wegetacji roślin ziemniaka

Abstract. The aim of the study was to investigate the effect of stimulation of seed potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in a variable magnetic field on selected vegetation parameters of potato plants of the very early Red Sonia variety (general use type). Potato seed was stimulated in a variable magnetic field using an air coil without a magnetic core (solenoid). A magnetic field with an induction in the range of 20-80 mT and an exposure time of 1-30 s were used. The scope of research included plant emergence and the number and length of potato plant stems. The obtained results were subjected to statistical analysis. The research results indicate that the magnetic field applied to seed potatoes modifies the number of shoots of the potato plant. There was no statistically significant effect of the magnetic field on the rate of plant emergence and stem length.

Streszczenie. Celem pracy było zbadanie wpływu stymulacji sadzeniaków (*Solanum tuberosum* L.) w zmiennym polu magnetycznym na wybrane parametry wegetacji roślin ziemniaka bardzo wczesnej odmiany Red Sonia (typ ogólnoużytkowy). Sadzeniaki ziemniaka stymulowano w zmiennym polu magnetycznym z wykorzystaniem cewki powietrznej bez rdzenia magnetycznego (solenoidu). Stosowano pole magnetyczne o indukcji w zakresie 20-80 mT oraz czas ekspozycji 1-30 s. Zakresem badań objęto wschody roślin oraz liczbę i długość łodyg roślin ziemniaka. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Wyniki badań wskazują, że pole magnetyczne zastosowane w odniesieniu do sadzeniaków modyfikuje liczbę pędów rośliny ziemniaka. Nie wykazano statystycznie istotnego wpływu pola magnetycznego na tempo wschodów roślin oraz długość łodyg. (The effect of stimulation of seed potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in the magnetic field on selected vegetation parameters of potato plants)

Keywords: stimulation, magnetic field, seed, potato, plant, vegetation.

Słowa kluczowe: stymulacja, pole magnetyczne, sadziniak, ziemniak, roślina, wegetacja.

Wprowadzenie

Niewątpliwie głównym celem produkcji rolnej jest uzyskanie plonu o założonej ilości i odpowiednich parametrach jakościowych [1, 2, 3]. W uprawie roślin ziemniaka cechą zasadniczą wpływającą na wielkość uzyskiwanego plonu jest jakość i zdrowotność materiału sadzeniakowego przy czym parametry ilościowe i jakościowe plonu ziemniaka są istotne bez względu na kierunek użytkowania i późniejszego wykorzystanie bulw [4, 5]. W przypadku uprawy roślin ziemniaka, na cele spożywcze z przeznaczeniem do bezpośredniego spożycia, korzystne jest stosowanie odmian o skróconym okresie wegetacji [6]. Opłacalność upraw odmian bardzo wczesnych i wczesnych wynika z możliwości wcześniejszego zbioru i zbytu plonu bulw. Sprzedaż młodych bulw ziemniaka w okresie wiosennym (kwiecień-czerwiec) z jednej strony pozwala rolnikowi na osiągnięcie większych zysków (w porównaniu do sprzedaży w miesiącach późniejszych) z drugiej z kolei pozwala na dostarczenie konsumentowi produktu w okresie znacznego zapotrzebowania na tego typu asortyment. Istotny jest również fakt, że wcześniej przeprowadzone żniwa dają rolnikowi możliwość bardziej ekonomicznego wykorzystania dostępnego arealu [7, 8].

Metody fizyczne, w odniesieniu do roślin, stosowane są w rolnictwie jako substytut lub uzupełnienie zabiegów chemicznych. Do najczęściej stosowanych sposobów fizycznego oddziaływania na materiał roślinny zaliczyć można pole elektryczne [9,10], promieniowanie mikrofalowe [11, 12], naświetlanie ultrafioletem [13, 14], stałe pole magnetyczne [15-21] oraz zmienne pole magnetyczne [22-27] a nawet modyfikacja podłoża na którym hodowane są kielki [28].

Poddanie grzybów i bakterii (*Ervinia carotovora*, *Streptomyces scabies*, *Alternaria solani*) działaniu zmiennego pola magnetycznego prowadzi do ich neutralizacji lub przyczynia się ograniczenia rozwoju populacji [29]. Wykazano pozytywny wpływ zmiennego pola magnetycznego na trwałość przechowalniczą bulw ziemniaka odmian Drop, Irga i Salto - straty całkowite, jak i chorobowe oraz ubytki naturalne, w odniesieniu do próby

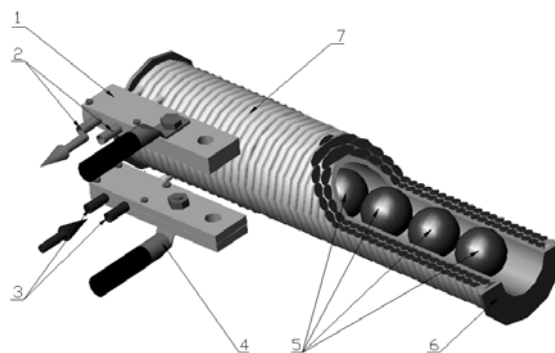
kontrolnej, były niższe w próbach poddanych działaniu pola magnetycznego [26].

Materiał i metody

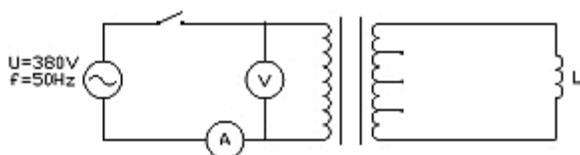
Ścisłe doświadczenie rolnicze umiejscowiono w rejonie Małopolski. Prace laboratoryjne realizowano w obiektach Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Jako materiału badawczego użyto bardzo wczesnej odmiany ziemniaka Red Sonia (typ ogólnoużytkowy). Sadzeniaki ziemniaka stymulowano w zmiennym polu magnetycznym z wykorzystaniem cewki powietrznej bez rdzenia magnetycznego w postaci solenoidu. Stosowano pole magnetyczne o indukcji 20, 40 i 80 mT oraz czas ekspozycji w polu 1, 10, 15 i 30 s. Dawkę ekspozycyjną dla obiektu biologicznego umieszczonego w zmiennym polu magnetycznym wyznacza się wg poniższej zależności [30]:

$$D = \frac{10^7}{4\pi} B^2 \cdot t_c$$

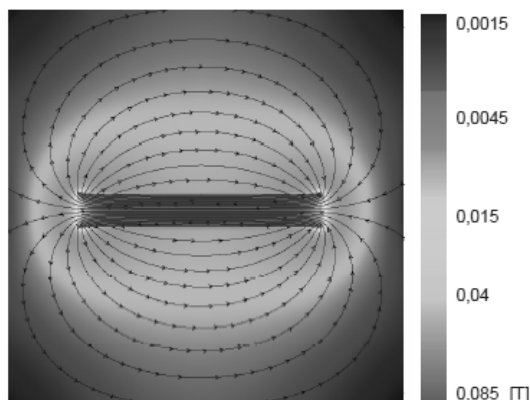
gdzie: D – dawka ekspozycyjna, ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$), B – indukcja magnetyczna (T), t_c – czas ekspozycji (s)



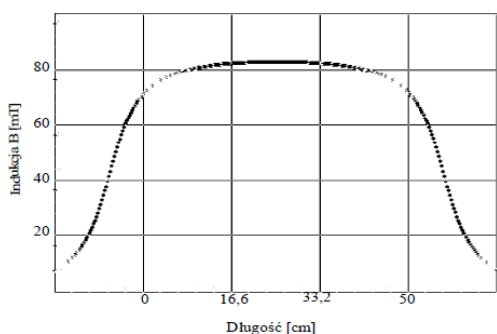
Rys. 1. Solenoid stosowany do stymulacji bulw ziemniaka w zmiennym polu magnetycznym (1 – klamra zasilająca; 2 – wylot cieczy chłodzącej; 3 – wlot cieczy chłodzącej; 4 – przewody zasilające; 5 – bulwy ziemniaka; 6 – karkas; 7 – uzwojenie) [30]



Rys. 2. Schemat układu elektrycznego solenoidu stosowanego do stymulacji bulw ziemniaka w zmiennym polu magnetycznym [30]



Rys. 3. Wizualizacja rozkładu pola magnetycznego wykonana programem Vizmag 3.15 w solenoidzie stosowanym do stymulacji bulw ziemniaka w zmiennym [31]



Rys. 4. Charakterystyka indukcji magnetycznej solenoidu wykonana teslomierzem SMS 102 (Smart Magnetic Sensor) w solenoidzie stosowanym do stymulacji bulw ziemniaka w zmiennym polu magnetycznym [31]

Zakresem badań objęto wschody roślin oraz liczbę i długość łodyg roślin ziemniaka. Bezpośrednio po zastosowaniu ekspozycji w zmiennym polu magnetycznym sadzeniaki umieszczano w glebie. Doświadczenie poletkowe prowadzono w układzie całkowicie zrandomizowanym. Liczebność pojedynczej kombinacji doświadczenia wynosiła 30 sadzoniaków a każda kombinacja obejmowała 3 replikacje. W badaniu uwzględniono próbę kontrolną (nie poddaną działaniu zmiennego pola magnetycznego). Schemat stanowiska wykorzystanego w doświadczeniu do stymulacji sadzoniaków ziemniaka przedstawiono na rys. 1 i 2, wizualizację rozkładu pola magnetycznego na rys. 3 a charakterystykę indukcji magnetycznej w solenoidzie na rys. 4.

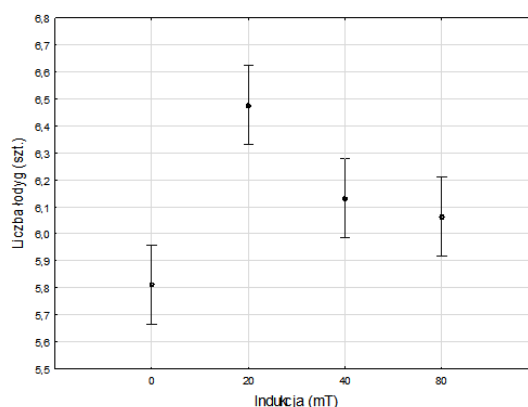
Wyniki analizowano w programie STATISTICA 13.3 na założonym poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Normalność rozkładu w próbach określano testem Kołmogorowa-Smirnowa a jednorodność wariancji testem Levene'a. Istotność różnic badano wykorzystując analizę wariancji (ANOVA) z testem F-Snedecora. Badano możliwość wystąpienia interakcji między zmiennymi grupującymi. Jako test post-hoc wykorzystano procedurę według testu Duncan. Określono grupy homogenicznych zmiennych.

Wyniki i dyskusja

Wynik testu Kołmogorowa-Smirnowa i testu Levene'a pozwolił na zastosowanie parametrycznego testu ANOVA. Wykonana analiza wariancji dla układów czynnikowych wykazała statystycznie istotny wpływ przyjętych w doświadczeniu wartości indukcji zmiennego pola magnetycznego oraz interakcji między wartością indukcji i czasem ekspozycji na liczbę łodyg rośliny ziemniaka. Nie potwierdzono aby czas ekspozycji sadzoniaków ziemniaka w zmiennym polu magnetycznym istotnie modyfikował przyjęte w doświadczeniu zmienne zależne (tab. 1).

Tabela 1. Wynik analizy wariancji - wpływ zmiennego pola magnetycznego na tempo wschodów roślin ziemniaka oraz liczbę i długość łodyg

Predyktor jakościowy	Wartość testu F-Snedecora	Wartość prawdopodobieństwa
Wyraz wolny	137383,7	0,0000
Indukcja {1}	15,0	0,0000
Czas {2}	1,8	0,0671
{1}*{2}	3,2	0,0000



Rys. 5. Wpływ wartości indukcji zmiennego pola magnetycznego na liczbę łodyg rośliny ziemniaka w poszczególnych kombinacjach doświadczenia

Tabela 2. Wpływ wartości indukcji zmiennego pola magnetycznego na liczbę łodyg rośliny ziemniaka – układ grup homogenicznych

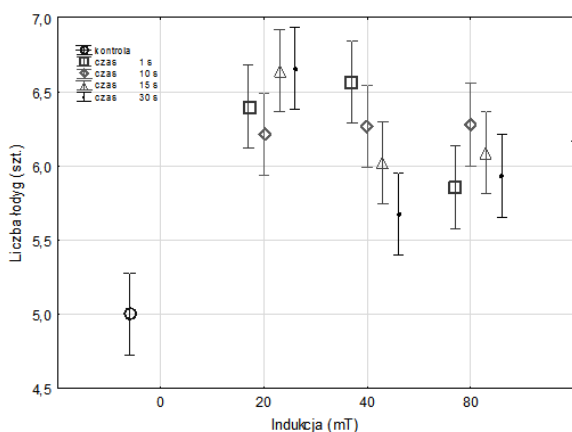
Indukcja (mT)	Liczba łodyg (szk.)	Grupy homogeniczne		
		1	2	3
0	5,81		****	
80	6,06	****		
40	6,13	****		
20	6,48			****

W odniesieniu do próby kontrolnej najlepszy efekt stymulacji w zmiennym polu magnetycznym uzyskano dla kombinacji w której sadzeniaki ziemniaka traktowano wartością indukcji 20 mT (tab. 2, rys. 5). W odniesieniu do próby kontrolnej najlepszy efekt stymulacji w zmiennym polu magnetycznym uzyskano dla kombinacji w której sadzeniaki ziemniaka traktowano wartością indukcji 20 mT przy czasach ekspozycji 30 i 15 s (efekt interakcji, tab. 3, rys. 6). Kombinacje traktowane wartością indukcji 20 mT przy czasach ekspozycji 30 i 15 s znalazły się w osobnej grupie homogenicznej. W przypadku pozostałych kombinacji doświadczenia stwierdzono występowanie zjawiska „zachodzenia grup” co utrudnia jednoznaczny interpretację wyniku (tab. 3). Podobne wyniki uzyskał Pitman (1972) działając polem magnetycznym na oczka bulwy sadzeniaka ziemniaka. W wyniku realizowanego doświadczenia uzyskał zwiększenie powierzchni asymilacyjnej rośliny potomnej oraz wzrost plonu handlowego o około 20%. Marks w odniesieniu do

sadzeniaków ziemniaka odmiany Vineta stosował dawki pola magnetycznego o wartościach 1145,9 18334,6 kJm⁻³ s i stwierdził istotny wpływ tej metody na długość i liczbę łodyg, masę liści i łodyg oraz na indeks kiełkowania. Różnice w wynikach ujawnione w trakcie prezentowanego eksperymentu mogą wskazywać, że reakcja roślin ziemniaka na pole magnetyczne może być cechą odmianową.

Tabela 3. Wpływ wartości indukcji zmiennego pola magnetycznego oraz czasu ekspozycji na liczbę łodyg rośliny ziemniaka – układ grup homogenicznych (efekt interakcji)

Indukcja (mT)	Czas (s)	Liczba łodyg (szt.)	Grupy homogeniczne			
			1	2	3	4
kontrola		5,81	****	****		
80	1	5,85	****	****		
40	15	6,02	****	****	****	
80	30	6,03	****	****	****	
80	15	6,09	****	****	****	
40	30	6,16	****	****	****	
20	10	6,21		****	****	****
40	10	6,27		****	****	****
80	10	6,28		****	****	****
20	1	6,40			****	****
40	1	6,57			****	****
20	15	6,64				****
20	30	6,66				****



Rys. 6. Wpływ wartości indukcji zmiennego pola magnetycznego i czasu ekspozycji na liczbę łodyg rośliny ziemniaka w poszczególnych kombinacjach doświadczenia (efekt interakcji)

Wnioski

1. Wykazano istotny wpływ indukcji zmiennego pola magnetycznego na liczbę łodyg rośliny ziemniaka.
2. Wykazano istotny wpływ interakcji między wartością indukcji i czasem ekspozycji w zmiennym polu magnetycznym na liczbę łodyg rośliny ziemniaka.
3. Najlepszy efekt, w postaci liczby łodyg, uzyskano dla kombinacji traktowanych wartością indukcji 20 mT przy czasach ekspozycji 30 i 15 s.

Autor: dr hab. inż. Tomasz Jakubowski, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, 30-149 Kraków, ul. Balicka 116B, Polska, Tomasz.Jakubowski@ur.krakow.pl;

LITERATURA

1. Mystkowska I., Zarzecka K., Baranowska A., Gugala M., Doroszuk A. 2017. Plonowanie i opłacalność uprawy ziemniaków skrobiowych w gospodarstwie indywidualnym. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, XIX(1), 45-49.
2. Ginter A., Kałuża H., Soczewka I. 2013. Impact of common agricultural policy reform on the income situation of starch

- potato producers in Poland. Journal of Agribusiness and Rural Development 2 (28), 53-62
3. Chotkowski J. 2000. Technologiczne i rynkowe czynniki opłacalności produkcji ziemniaków (Technological and market factors of profitability of potato production). Zagadnienia Ekonomiki Rolnej 2-3, 48-59.
4. Zarzecka K., Gugala M., Zarzecka M. 2013. Ziemniak jako dobre źródło składników odżywczych. Postępy Fitoterapii, 3, 191-194.
5. Mozolewski W., Radzymińska M., Łazicki T. 2014. Jakość ziemniaka spożywczego w opinii konsumentów. Biuletyn IHAR, 272, 5-16.
6. Nowacki W. 2017. Konkurencyjność polskich i zagranicznych odmian w uprawie ziemniaków w Polsce. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu XIX/4, 33-38
7. Nowacki W. 2015. Szanse i zagrożenia rynku ziemniaka w Polsce. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 17(1), 169-175.
8. Nowacki W. 2016. Rynek ziemniaków jadalnych w Polsce – stan obecny i perspektyw rozwoju. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 18(1), 196-201.
9. Gut, M. 2007. Wpływ przemiennego pola elektrycznego na wzrost i plonowanie bulw ziemniaka. Inżynieria Rolnicza, 8(96), 73-80.
10. Galazka-Czarnecka, I., Korzeniewska, E., Czarnecki, A. 2018, Impact of pulsed electric field on the colour of wine made from grapes Marechal Foch variety, Applications of Electromagnetics in Modern Techniques and Medicine, PTZE 2018, 8503237, pp. 33-36
11. Jakubowski T., Transfer of microwave irradiation effects of seed potatoes (Solanum tuberosum L.) to the plants of next generations. BJAS 21, (2015) no 6, 1185-1193
12. Jakubowski T., Effect of microwave radiation on the germination of Solanum Tuberosum L. tubers. Bangladesh Journal of Botany, 45, 2016, no 5, 1253-1255.
13. Jakubowski T., Pytlowski T. 2013. Influence of ultraviolet radiation on the growth, development and yielding of potato plants (preliminary studies). Agricultural Engineering, 145, (2013), No 3, s. 99-107.
14. Jakubowski, T., Pytlowski, T., Influence of UV-C radiation on the degree of infection of stored potato tubers by Rhizoctonia Solani Kühn. Agricultural Engineering, 154, (2015), no 2, 35-43.
15. Pitman U.J. 1963. Magnetism and plant growth. Effect of germination and early growth of cereals seeds. Journal of Plant Sciences, 43, 513-518.
16. Pitman U.J. 1965. Magnetism and plant growth. Effect of germination and early growth of corn and beans. Journal of Plant Sciences, 45, 549-555.
17. Pitman U.J. 1967. Biomagnetic responses in Kharkov 22 MC winter wheat. Journal of Plant Sciences, 47, 389-393. 38.
18. Pitman U.J., Ormrod D.P. 1970. Physiological and chemical features of magnetically treated winter wheat seed and resultant seedling. Journal of Plant Sciences, 50, 211-217.
19. Pitman U.J., Ormrod D.P. 1971. Biomagnetic responses in germinating barley. Journal of Plant Sciences, 51, 64-65
20. Pittman U. 1972. Biomagnetic responses in potatoes. Can J. Plant Sci. (52), 727-733.
21. Pitman U.J., Carefoot J.M., Ormrod D.P. 1979. Effect of magnetic seed treatment on amyolytic activity of quiescent and germinating barley and wheat. Journal of Plant Sciences, 59, 1007-1011.
22. Pietruszewski S. 1998. Stanowisko do przedsięwzięcia biostymulacji nasion zmiennym polem magnetycznym. Inżynieria Rolnicza, 2, 31-36.
23. Pietruszewski S. 2000. Wpływ pola magnetycznego na plony buraka cukrowego odmian Kalwia i Polko. Inżynieria Rolnicza, 5, 207-214.
24. Pietruszewski S. 2001. Modelowanie krzywa logistyczna kiełkowania nasion pszenicy odmiany Henika w polu magnetycznym. Acta Agrophysica, 58, 143-152.

25. Kornarzyński K., Pietruszewski P. 2008. Wpływ zmiennego pola magnetycznego na kiełkowanie nasion o niskiej zdolności kiełkowania. *Acta Agrophysica*, 11(2), 429-435.
26. Marks, N., (2005). Influence of changing magnetic field on storage losses of potato tubers. *Agricultural Engineering*, 70, no10, 295-302.
27. Wójcik S. 2006. Plonowanie i jakość technologiczna korzeni buraka cukrowego w zależności od stymulacji nasion. *Inżynieria Rolnicza*, 6(81), 383-388.
28. Gałazka-Czarnecka, I., Korzeniewska, E., Czarnecki, A. 2019, Influence of thin silver layers deposited by physical vacuum deposition on energy and sprouting ability of red clover seeds, 2019 Applications of Electromagnetics in Modern Engineering and Medicine, PTZE 2019, 8781738, pp. 26-29
29. Lipiec J., Janas P., Barabasz W. 2004. Effect of oscillating magnetic field pulses on the survival of selected microorganisms. *International Agrophysics* 18(4), 325-328.
30. Pietruszewski S., 1999. Magnetyczna biostymulacja materiału siewnego pszenicy jarej. AR Lublin. *Rozprawy Naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie*, 220.
31. Marks N. and Szczówka P.S., 2010. Impact of variable magnetic field stimulation on growth of aboveground parts of potato plants. *Int. Agrophys.*, 24, 165-170.