

WPLYW SŁABYCH PÓL I PROMIENIOWANIA
ELEKTROMAGNETYCZNEGO NA KIEŁKOWANIE I WZROST
RZEŻUCHY

Halina Pieńkowska¹, Stefan Grabowski²

¹Wydział Nauk Technicznych, Katedra Inżynierii Rolniczej i Surowców Naturalnych,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. Okrzei 1a, 10-226 Olsztyn
e-mail: halszka@uwm.edu.pl

²Wydział Matematyki i Informatyki, Katedra Metod Matematycznych i Informatyki,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. Żołnierska 14, 10-561 Olsztyn

Streszczenie. Pola i promieniowania elektromagnetyczne są generowane przez urządzenia zasilane energią elektryczną lub same wytwarzające tę energię. Do urządzeń zasilanych energią elektryczną zaliczamy między innymi : ekrany kineskopowe, monitory komputerów i telewizorów. Główną rolę w regulacji procesów biologicznych odgrywają sygnały elektromagnetyczne, które są sprzężone z procesami biochemicznymi w organizmach. Celem pracy było zbadanie wpływu pól i promieniowania elektromagnetycznego (e-m) na proces kiełkowania nasion i wzrost rzeżuchy nacierpkowej (*Cordamine Ipatiens*) oraz zawartość witaminy C w pędach nadziemnych roślin. Źródłem pola i promieniowania e-m były monitor telewizyjny (TV) i komputerowy. Proces kiełkowania opisano krzywą logistyczną. Obliczono szybkość kiełkowania i czas po którym nastąpiła maksymalna szybkość kiełkowania w obecności promieniowania e-m (pomiar na świetle) i bez promieniowania e-m (pomiar w ciemności), w obecności tego samego pola e-m.

Słowa kluczowe: kiełkowanie, krzywa logistyczna

WSTĘP

Organizmy roślinne oraz nasiona można traktować jako swoiste anteny odbierające fale elektromagnetyczne ze środowiska zewnętrznego. To zjawisko, mocniejsze w przypadku rezonansu sprawia, że często znikoma energia powoduje wielokrotnie silniejsze efekty [1]. Stymulacja nasion promieniowaniem elektromagnetycznym [2] i polem elektrycznym i magnetycznym jest znana od wielu lat [3].

Monitory TV i komputerów są źródłem pól i promieniowania e-m. Generują one pola zmienne o częstotliwości w zakresie ELF (extremely low frequency: 5-2000 Hz) oraz VLF (very low frequency: 2-400 kHz). Źródłem pól z zakresu ELF jest zasilacz sieciowy (50 Hz) oraz urządzenia zwane generatorem odświeżania pionowego plamki na ekranie (50-80 Hz). W przedziale VLF, są to zespoły cewek odchyłania poziomego (15-56 kHz) i z zasilacza impulsowego. Pole ELV/VLE występuje w całym otoczeniu komputera i monitora TV, a strumień i natężenie osiąga największe wartości z boku i z tyłu tych urządzeń [4]. Zmienne pole elektryczne maleje ze wzrostem odległości od komputera i można je wytłumić stosując filtry ochronne na ekran monitora. Natomiast zmienne pole magnetyczne jest przenikliwe i nie jest podatne na proste metody ekranowania [5].

Pomiary pola e-m są przeprowadzane od lat i dzięki temu wiemy, że średnie wartości natężenia pola elektrycznego i magnetycznego w pobliżu pojedynczego monitora wynoszą odpowiednio $10\text{-}50\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ i $0,2\text{-}1\text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$. Normy dopuszczalne dla tych częstotliwości sięgają do wartości $10\text{-}20\text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$ i $10^3\text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ [10].

Pola i promieniowania e-m o małej częstotliwości i małym natężeniu mogą spełniać rolę bodźców biologicznych ze względu na przenikalność i propagację. Od dawna wiadomo, że niektóre reakcje biochemiczne przebiegają etapami, w wyniku których tworzą się pary rodników. Mechanizm wpływu pola magnetycznego na pary rodników, został odkryty i opisany dla procesów fotosyntezy. Zachodzą one w chloroplastach roślin wyższych, alg oraz w kilku rodzajach bakterii [7]. Procesem, w trakcie którego powstają pary rodników jest utlenianie lipidów [11]. Aristachow i in. [9], wykazali, że pole magnetyczne o indukcji magnetycznej 20-45 mT powoduje wzrost dialdehydu malonowego w procesie utleniania lipidów. W poszukiwaniu wyjaśnień działania pola magnetycznego i elektrycznego na komórki, zwrócono uwagę na błony komórkowe. Wnętrze komórki ma normalnie ładunek ujemny i skutecznie ekranuje komórkę. Ponieważ opór właściwy błon komórkowych jest duży, sąsiadujące komórki wytwarzają bezpośrednie połączenie tzw. złącze elektrotoniczne, czyli wyspecjalizowane struktury, które łączą przylegające błony dwóch komórek, widoczne zresztą pod mikroskopem elektronowym. Za udziałem złącz w reagowaniu na pole e-m przemawia charakterystyka strukturalna tych złączy oraz wartość i znaczenie Ca^+ w funkcji komórek [8].

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu słabych pól e-m, oraz promieniowania e-m, których źródłem były monitory: TV i komputera, na proces kiełkowania i wzrost rzeżuchy nacierpkowej.

MATERIAŁ I METODY

Monitor komputerowy „SAMSUNG” i monitor telewizyjny „ELEMIS” były źródłem pól elektrycznych i magnetycznych oraz promieniowania e-m.

Natężenie pola elektrycznego zmierzono sondą typu AE-3e, połączoną do miernika MEH-12. Przed monitorami to natężenie wynosiło około $15 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$. Natężenie pola magnetycznego zmierzono sondą typu 3AH-1. Natężenie przed monitorem TV wynosiło około 60 nT, a przed monitorem komputera około 100 nT. Obie sondy wykonano na Politechnice Wrocławskiej.

Natężenie oświetlenia promieniowaniem e-m w zakresie widzialnym pojemników z nasionami zmierzono wycechowanym luksomierzem L-50, firmy SONOPAN. Na próbki zerowe padało około 350-400 lx, na próbki umieszczone około 20 cm przed monitorem TV i komputera, w obecności światła dziennego, natężenie oświetlenia wynosiło około 400 lx.

Nasiona rzeżuchy pochodziły z Centrali Nasiennej. Po 100 sztuk nasion wysiano do dziewięciu pojemników plastikowych (po trzy powtórzenia dla otoczenia TV, komputera i dla próby zerowej), które wyścielono bibułą filtracyjną i zwilżono. Odstęp między nasionami wynosił około 1 cm. Całość przykryto przezroczystą cienką folią, aby utrzymać stałą wilgotność około 100%. Następnie pojemniki umieszczono około 20 cm przed ekranem telewizora i komputera, które były włączone 7-8 godzin dziennie podczas trwania eksperymentu. Próbę zerową umieszczono w pokoju bez wymienionych urządzeń, zachowując podobne warunki tj. oświetlenie, wilgotność i temperatura.

Pomiary powtórzone zasłaniając pojemniki przed widzialnym promieniowaniem elektromagnetycznym tzw. pomiary w ciemności.

Temperatura w pomieszczeniach wynosiła $22^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$. Co pewien czas w zależności od szybkości procesu kiełkowania, dokonywano zliczeń kiełkujących nasion. Za wykiełkowane nasionko uważano takie, które uformowało kiełek długości około 2 mm. Nasiona użyte do badań wykazały się dobrą szybkością kiełkowania, ponieważ po dwóch dobach praktycznie wszystkie wykiełkowały.

Policzono współczynnik kiełkowania (w_k), dla wybranych czasów obserwacji podczas kiełkowania nasion [3]:

$$w_k = \frac{N(t)}{N^{(0)}} \quad (1)$$

gdzie: $N(t)$ – liczba wykiełkowanych nasion w czasie t ,

$N^{(0)}$ – liczba wykiełkowanych nasion próby zerowej w tym samym czasie.

Proces kiełkowania opisano krzywą logistyczną [2,3]:

$$N(t) = \frac{N_k}{1 + (N_k - 1) \exp(-\alpha N_k (t - t_0))} \quad (2)$$

gdzie: N_k – końcowa liczba wykiełkowanych nasion (%), $N(t)$ – liczba wykiełkowanych nasion po danym czasie t (%), α – współczynnik szybkości kiełkowania (h^{-1}), t_0 – czas pierwszego wykiełkowanego nasiona (h).

W oparciu o krzywą logistyczną określono szybkość kiełkowania:

$$v_k = \frac{dN(t)}{dt} = N(t) \cdot \alpha \cdot (N_k - N(t)) \quad (3)$$

i czas po którym nastąpiła maksymalna szybkość kiełkowania:

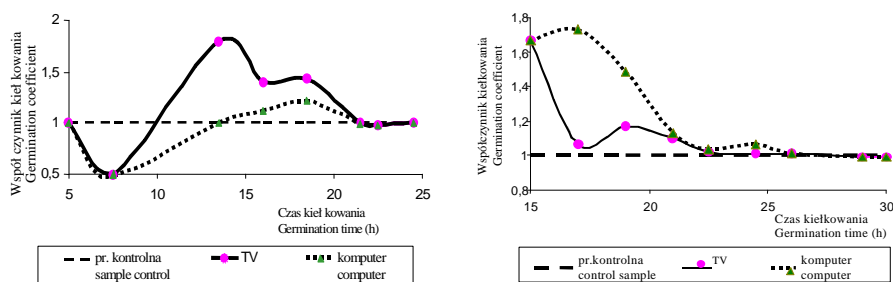
$$t_{\max} = \frac{\ln(N_k - 1)}{\alpha N_k} + t_0 \quad (4)$$

Statystycznie określono istotność różnic na poziomie $k = 0,05$ dla procesu kiełkowania na świetle i w ciemności.

Podczas dalszego rozwoju roślin na świetle, dokonano systematycznego pomiaru przyrost długości części nadziemnej rzeżuchy z dokładnością do 0,1 mm. Zawartość witaminy C w pędach nadziemnych rzeżuchy oznaczono metodą spek-trofotometryczną, która polegała na utlenieniu w środowisku kwaśnym kwasu l-askorbinowego do dehydroaskorbinowego za pomocą ksylenu. Nadmiar barwnika wyekstrahowanego ksylenem oznacza się spektrofotometrycznie przy długości fali $\lambda = 500$ nm. Metoda stosowana dla produktów o silnym zabarwieniu wg Polskiej Normy PN-90 A-75101/11-Oznaczenie zawartości witaminy C w warzywach i owocach.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 1 przedstawiono wartości współczynników kiełkowania nasion znajdujących się przed monitorem TV i komputera, oraz próby kontrolnej, policzone wg wzoru (1), dla wybranych czasów obserwacji.



a)

b)

Rys. 1. Współczynnik kiełkowania nasion umieszczonych przed ekranem telewizora (TV) i komputera (K), dla wybranych czasów obserwacji: a) pomiary na świetle, b) pomiary w ciemności

Fig. 1. Germination coefficient for seeds under the influence of magnetic field from TV and computer (C) screens, for selected observation times: a) measured while the appliance (TV or C) in the light, b) measured while the appliance in the dark

Na wykresach widać dwa maksima dla pomiarów wykonanych na świetle i w ciemności. Po pierwszych 10-15 godzinach, (rys. 1a – pomiary na świetle), nasiona przed monitorem TV i komputera kiełkują słabiej niż próba kontrolna, natomiast w ciemności (rys. 1b), od początku obserwacji nasiona kiełkują lepiej niż próby zerowej i współczynnik kiełkowania ma najwyższą wartość dla nasion umieszczonych przed monitorem komputera. Wyznaczono wszystkie parametry krzywej logistycznej i przedstawiono w tabeli 1. Wcześniejsze o godzinę i 30 min. wykiełkowanie pierwszego nasienia przed monitorem komputera jest statystycznie istotne.

Tabela 1. Parametry krzywej logistycznej w ciemności
Table 1. Logistic curve parameters in the dark

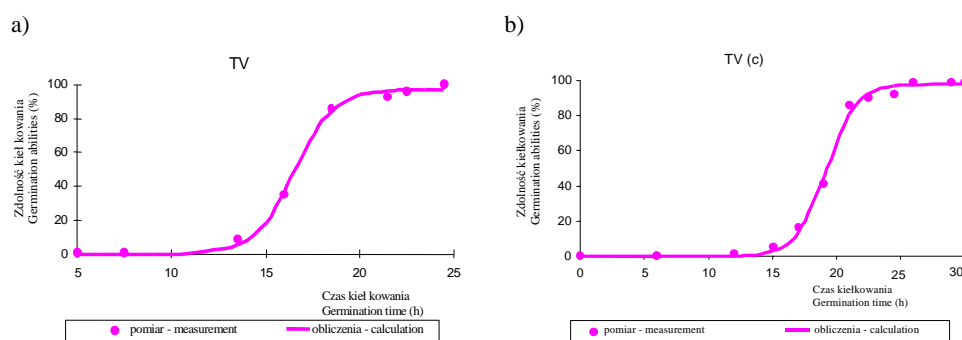
Parametry Parameters	Próbka kontrolna Control sample		TV		Komputer – Computer	
	Wartości liczbowe Numerical values	Odchylenie standardowe Standard deviation	Wartości liczbowe Numerical values	Odchylenie standardowe Standard deviation	Wartości liczbowe Numerical values	Odchylenie standardowe Standard deviation
t_0 (h)	13,62	0,5	13,80	0,54	12,30*	0,43
1000α (h^{-1})	7,84	0,65	8,68	0,86	7,286	0,49
N_k (%)	98,26	1,5	97,83	1,6	99,05	1,2
t_{max} (s)	19,56		19,19		18,66	
v_k (%/h)	18,93		20,76		17,87	

* poziom istotności $k = 0,05$ – significant differences $k = 0.05$

na świetle – in the light

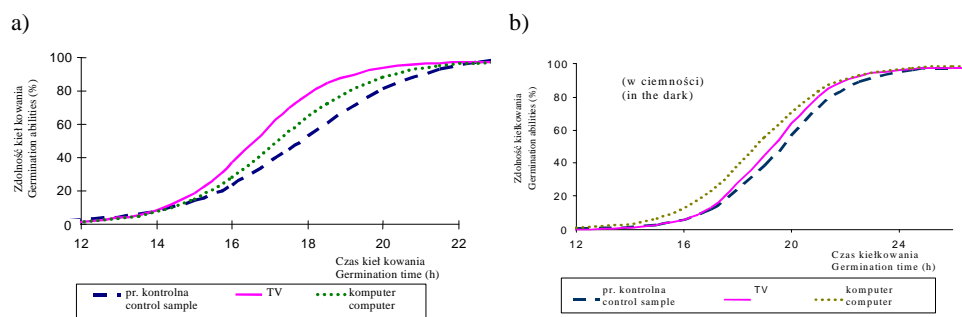
Parametry Parameters	Próbka kontrolna Control sample		TV		Komputer Computer	
	Wartości liczbowe Numerical values	Odchylenie standardowe Standard deviation	Wartości liczbowe Numerical values	Odchylenie standardowe Standard deviation	Wartości liczbowe Numerical values	Odchylenie standardowe Standard deviation
t_0 (h)	10,51	0,31	11,62	0,23	11,26	0,25
1000α (h^{-1})	6,1	0,27	9,6	0,46	7,9	0,34
N_k (%)	98,5	1,2	97,28	0,76	97,93	0,86
t_{max} (s)	17,9		16,51		17,17	
v_k (%/h)	16,03		22,71		18,94	

Szybkość kiełkowania nasion w ciemności przed monitorem komputera osiąga maksimum prawie o godzinę wcześniej niż próbki kontrolne. Krzywe logistyczne szybkości kiełkowania dla pomiarów na świetle i w ciemności przed monitorem TV przedstawiono na rysunku 2, natomiast na rysunku 3 przedstawiono te krzywe wspólnie, w przedziale największej zmienności. W tabeli 1 podano odchylenia standardowe. Parametry krzywej logistycznej dla pomiarów na świetle nie wykazują różnic istotnych statystycznie dla ustalonej ilości powtórzeń.



Rys. 2. Krzywa logistyczna – nasiona rzeżuchy przed ekranem telewizora: a) (TV)- kiełkowanie na świetle b) (TVc) – kiełkowanie w ciemności

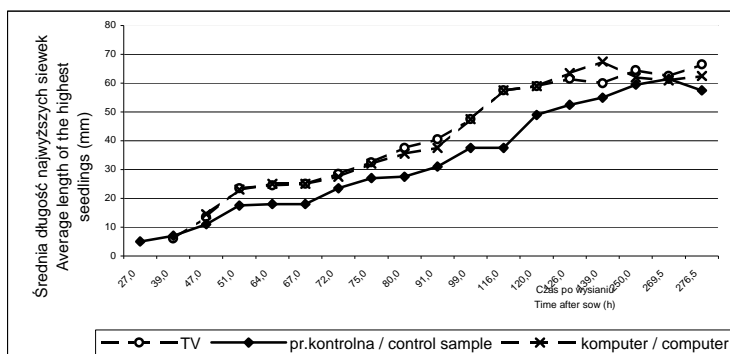
Fig. 2. Logistic curve – *Cardamine pratensis* seeds in front of a TV screen: a) germination with the TV in the light, b) germination with the TV in the dark



Rys. 3. Wyznaczone krzywe logistyczne w przedziale największej zmienności. TV, komputer, próba zerowa, a) – pomiary na świetle b) – pomiary w ciemności

Fig. 3. Logistic curves determined for the widest range of variation: a) TV screen, a computer screen, blank determination, a) – measured while the appliance in the light, b) – measured while the appliance in the dark

Podczas wschodów i dalszego rozwoju rzeżuchy systematycznie mierzono długości najwyższych siewek. Otrzymane wyniki tj. średnią długość najwyższych siewek rzeżuchy od czasu po wysianiu przedstawia rysunek 4.



Rys. 4. Średnia długość najdłuższych siewek rzeżuchy znajdujących się przed ekranem telewizora (TV), komputera (K) i dla próby zerowej

Fig. 4. Average length of the highest *Cardamine pratensis* seedlings in front of a TV screen, a computer screen (C), and during the control sample determination

Otrzymane wyniki świadczą o podobnym wpływie, w granicach błędów, pól oraz promieniowania e-m z monitora TV i komputera na dalszy rozwój siewek rzeżuchy po wykiełkowaniu. W porównaniu z polem i promieniowaniem naturalnym (próba kontrolna), możemy powiedzieć, że siewki z nasion rzeżuchy w obecności pól i promieniowania e-m wysłanego przez monitor TV i komputer rosną szybciej od momentu wykiełkowania. Zawartość witaminy C w pędach nadziemnych rzeżuchy wynosiła około 14,15 mg na 100±0,54 g badanego materiału i nie uległa zmianie w granicach błędów pod wpływem działania pól i promieniowania e-m z monitorów: TV i komputera.

WNIOSKI

1. Czas wykiełkowania pierwszego nasienia rzeżuchy był najkrótszy przed monitorem komputera. Pomiary wykonano w ciemności, w obecności pola e-m. Maksimum szybkości kiełkowania w tym polu jest wcześniejsze o około półtorej godziny w stosunku do próby kontrolnej.

2. Średnia długość najwyższych siewek rzeżuchy znajdujących się przed monitorem TV i komputerem była o około 10mm dłuższa w porównaniu z próbą kontrolną. Pomiary wykonano na świetle w obecności promieniowania i pola elektromagnetycznego.

PIŚMIENNICTWO

1. **Byczkowska-Lipińska L., Wojnarowska A.:** Problemy kompatybilności elektromagnetycznej. Elektromagnetyczne oddziaływanie na obiekty biologiczne. PTZE, Warszawa, 114-121, 2001.
2. **Głaszewska B., Koper R.:** Ocena wpływu przedświejnej biostymulacji nasion pomidorów na proces ich kiełkowania. Acta Agrophysica, 62, 5-14, 2002.
3. **Pietruszewski S., Kornarzyński K., Prokop M.:** Kiełkowanie nasion kapusty białej w stałym polu magnetycznym. Acta Agrophysica, 62, 75-82, 2002.
4. **Zyss T., Krawczyk A.:** Pomiary emisji promieniowania elektromagnetycznego monitorów ekranowych. ZBP IEL, Warszawa, 1996.
5. **Warnke U.** Survey of some Working Mechanisms of Pulsating Electromagnetic Fields (PEMF). Bioelectrochemistry and Bioenergetics, 27, 317-320, 1992.
6. **Becker R., Selden G.:** Elektropolis, elektromagnetyzm i podstawy życia. PAX, Warszawa, 1994.
7. **Schwan H.P.:** Biological effects of non-ionizing radiation. Cellulal properties an interactions. Ann. Biomed. Eng., 16, 245-263, 1988.
8. **Mikołajczyk H.:** Działanie pól i promieniowania elektromagnetycznego na obiekty biologiczne. Biospektroskopia 5. PWN, Warszawa, 1990
9. **Aristarkhov V.M., Klimenko L.L., Deev A.I., Ivanekha E.V.:** Effect of constant magnetic field on peroxidation of lipid in phospholipid membranes. Biofizika 5, 800-806, 1983.
10. **Ingłot-Siemaszko.:** Człowiek w otoczeniu elektromagnetyzmu. WPRz, Rzeszów, 1997.
11. **Pieńkowska H.:** Fizykochemiczne badania kinetyki utleniania olejów wiesiołkowego, ogórecznikowego i rzepakowego. Monografia UWM, Olsztyn, 78, 2003.

INFLUENCE OF WEAK ELECTROMAGNETIC FIELDS
AND RADIATION ON THE GERMINATION AND GROWTH PROCESS
OF SEEDS OF *CORDAMINE IMPATIENS*

Halina Pieńkowska¹, Stefan Grabowski²

¹The Faculty of Technical Sciences, Warmia and Mazuria University
ul. Okrzei 1a, 10-226 Olsztyn
e-mail: halszka@uwm.edu.pl

²The Faculty of Mathematics Methods and Computer Sciences, Warmia and Mazuria University
ul. Żołnierska 14, 10-561 Olsztyn

Abstract. Electromagnetic field (radiation) is generated by appliances powered by or producing electricity, such as, e.g., computer monitors, television screens, etc. Biological processes are mainly regulated by electromagnetic signals affecting biochemical processes in living organisms. The aim of this study was to test the influence of magnetic field (radiation) on the seed germination process, the growth of *Cordamine Ipatiens*, and on vitamin C concentration in the plant sprouts. The magnetic field sources were TV and computer monitors. The germination process is depicted by means of a logistic curve. The speed of germination was calculated as well as the time necessary for the seeds to start germinating at a maximum speed under or without the magnetic field influence.

Key words: germination, logistic curve