

STANDARYZACJA BADAŃ WPŁYWU
PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH
NA MATERIAŁY POCHODZENIA BIOLOGICZNEGO*

Wiktor Pietrzyk

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin
e-mail: w.pietrzyk@pollub.pl

Streszczenie. Najczęściej badany dielektrykiem w naukach technicznych i agrofizyce są nasiona (ziarna) różnych kultur roślinnych. Dielektryczne właściwości nasion wykorzystywano już od lat 70. ubiegłego wieku w tzw. elektrotechnologiach, jak np. dielektryczne suszenie zboża z jednoczesną dezynsekcją, czyszczenie i sortowanie nasion w polu elektrycznym. W latach 90. rozpoczęto badania nad wpływem pola elektromagnetycznego, w tym promieniowania laserowego, na nasiona. Wszystkie prace dotyczą wpływu pól na uzyskiwane efekty w postaci szybkości i energii kiełkowania, wysokości plonów, jakości technologicznej plonu – np. sztywność źdźbła. Żadna z prac nie zajmuje się biofizyką zjawisk związanych z oddziaływaniem pola na ośrodek będący żywym organizmem. Opis uzyskanych efektów ma charakter fenomenologiczny. Same warunki prowadzenia eksperymentów nie są precyzyjnie opisane pod względem technicznym. Dlatego uniemożliwiają powtórzenie badań i porównanie wyników. W niniejszej pracy zwrócono uwagę na parametry, których zachowanie może pomóc w porównaniu wyników prowadzonych badań.

Słowa kluczowe: pole elektromagnetyczne, nasiona

WSTĘP

W latach 90. XX wieku rozpoczęto intensywne badania nad wpływem pola elektromagnetycznego [1,3,7], oraz promieniowania laserowego i mikrofalowego, na nasiona roślin. Wiodącą rolę w tych badaniach pełni Katedra Fizyki Akademii Rolniczej w Lublinie.

Z oddziaływań elektromagnetycznych stosowanych dla materiału nasiennego są używane:

- pole magnetyczne stałe,

*Praca naukowa finansowana ze środków M.N. i Sz.W. na naukę, w latach 2006-2008 jako projekt badawczy Nr 1 T09D 021 30.

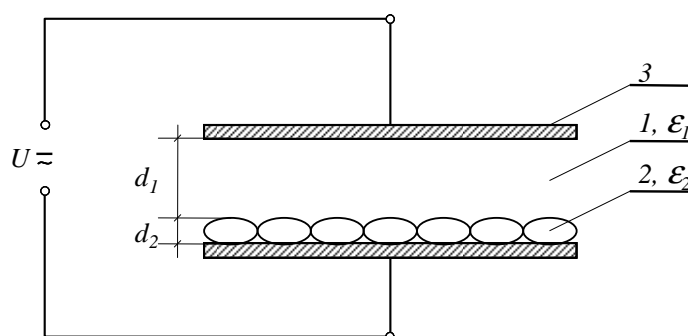
- pole magnetyczne zmienne ($f = 16$ Hz lub 50 Hz),
- pole elektryczne stałe,
- pole elektryczne zmienne ($f = 50$ Hz),
- promieniowanie mikrofalowe,
- światło laserowe.

Efekt oddziaływań przypisuje się w niektórych pracach [2] gromadzeniu energii przez nasiona, które przekształcają ją w energię chemiczną i wykorzystują we wzroście. Dostarczonej energii przez pole elektromagnetyczne przypisuje się wzrost potencjału energetycznego nasion. Jest to tylko hipoteza, której nikt dotychczas nie próbował udowodnić.

Uważam, że warto podjąć próbę analizy oddziaływań energetycznych pola elektromagnetycznego na nasiona. W pierwszym przybliżeniu można byłoby nasiona potraktować jako materię nieożywioną.

ODDZIAŁYWANIE POLA ELEKTRYCZNEGO

Zabieg oddziaływania na nasiona (kondycjonowania) w polu elektrycznym przeprowadza się w kondensatorze powietrznym – rysunek 1.



Rys. 1. Stanowisko do oddziaływania polem elektrycznym: 1 – przestrzeń powietrzna ($\epsilon_1 = 1$), 2 – nasiona ($\epsilon_2 = 4$), 3 – okładki kondensatora

Fig. 1. Test stand for electric field treatment: 1 – air gap ($\epsilon_1 = 1$), 2 – seeds ($\epsilon_2 = 4$), 3 – capacitor plates

Próby kondycjonowania w polu elektrycznym przeprowadzili Prokop i in. [8]. Właściwości elektrycznych nasion nie określono. Podano jedynie natężenie pola elektrycznego i czas naświetlania. Natężenie pola E określono jako:

$$E = \frac{U}{d}, \quad (1)$$

gdzie: U – napięcie, d – odległość między płytkami kondensatora.

Nie podano rozmiarów płytek kondensatora ani odległości $d_1 + d_2$. Z tego powodu nie wiadomo czy pole między płytkami jest równomierne. Tak zdefiniowane natężenie zaniedbuje obecność nasion w komorze kondensatora.

Kondensator przedstawiony na rysunku 1 stanowi szeregowe połączenie dwóch kondensatorów. W obszarze każdego z tych kondensatorów znajduje się dielektryk o innej przenikalności elektrycznej. W przestrzeni 1 znajduje się powietrze o przenikalności $\varepsilon_1 = 1$, nasiona o przenikalności $\varepsilon_2 = 2 \div$ kilkudziesięciu, w zależności od wilgotności, częstotliwości pola elektrycznego i gęstości masy. Uwzględnienie ich obecności umożliwia określenie właściwego natężenia E_1 w obszarze powietrznym kondensatora oraz E_2 w obszarze nasion:

$$E_1 = \frac{U}{\varepsilon_1 \left(\frac{d_1}{\varepsilon_1} + \frac{d_2}{\varepsilon_2} \right)}, \quad (2)$$

$$E_2 = \frac{U}{\varepsilon_2 \left(\frac{d_1}{\varepsilon_1} + \frac{d_2}{\varepsilon_2} \right)}, \quad (3)$$

gdzie: d_1 – grubość warstwy powietrznej kondensatora, d_2 – grubość warstwy nasion, ε_1 – względna przenikalność elektryczna powietrza ($\varepsilon_1 = 1$), ε_2 – względna przenikalność elektryczna nasion ($\varepsilon_2 > \varepsilon_1$).

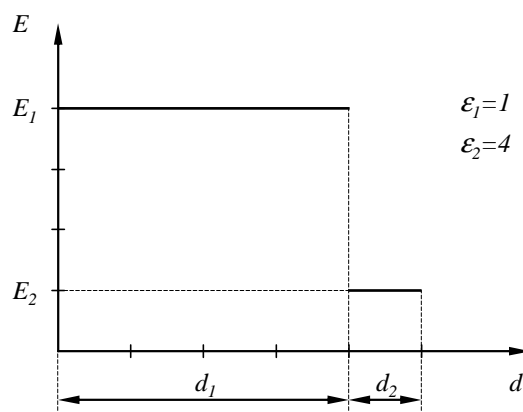
Stąd

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}.$$

Jak widać, natężenie pola elektrycznego w poszczególnych ośrodkach jest odwrotnie proporcjonalne do ich przenikalności elektrycznej.

Przykładowy rozkład pola elektrycznego w poszczególnych obszarach kondensatora wypełnionego nasionami, o przenikalności elektrycznej $\varepsilon_2 = 4$, przedstawia rysunek 2.

Przenikalność elektryczna zależy m.in. od częstotliwości, wilgotności, gęstości masy nasion i temperatury [1]. Dlatego przy prowadzeniu eksperymentów należy przeprowadzić wcześniej pomiar przenikalności elektrycznej ε , wilgotności, gęstości masy i temperatury materiału poddawanego kondycjonowaniu. Znajomość tych parametrów umożliwi powtórzenie eksperymentów.



Rys. 2. Rozkład natężenia pola elektrycznego w kondensatorze wypełnionym nasionami
Fig. 2. Electric field intensity distribution in a capacitor full of seeds

Elektromechanicznym efektem umieszczenia nasion w polu elektrycznym mogą być naprężenia elektrostrykcyjne F_s [1,7]:

$$F_s = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \int_v \text{grad} \left(E^2 \tau \frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau} \right) dV, \quad (4)$$

gdzie: τ – gęstość nasion,

$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau}$ – zmiana przenikalności elektrycznej nasion spowodowana zmianą gę-

stości τ podczas deformacji wywołanej naprężeniami elektrostrykcyjnymi,
 v – przestrzeń zajęta przez pojedyncze nasiona.

Nasiona poddane działaniu pola elektrycznego – naprężeniom elektrostrykcyjnym, mogą uzyskiwać większą zdolność wchłaniania wilgoci. To może być przyczyną szybszych wschodów roślin, a tym samym i większych plonów.

ODDZIAŁYWANIE POLA MAGNETYCZNEGO

W wielu pracach badano wpływ pola magnetycznego na materiał nasienny uzyskując często pozytywne efekty wzrostu plonów [8,9]. W badaniach stosowano zarówno pole stałe jak i pole zmienne (50 Hz). W opisie doświadczeń podawano jedynie wartość indukcji magnetycznej B oraz czas naświetlania t . Efektem oddziaływań magnetycznych na ośrodek o właściwościach ferromagnetycznych mogą być siły magnetostrykcyjne [5]. Nasiona należą do diamagnetyków. Dla

takich ciał względna przenikalność magnetyczna μ_r jest nieco mniejsza od jedności. Stąd podatność magnetyczna χ :

$$\chi = \mu_r - 1, \quad (5)$$

jest ujemna. Przykładowo dla wody wynosi $-9 \cdot 10^{-6}$. Dla nasion wilgotnych podatność magnetyczna może być zbliżona do podatności wody.

Przy badaniach wpływu pola magnetycznego należałoby zbadać przenikalność magnetyczną nasion, która wpływa na gęstość sił magnetostrykcji [10].

NAŚWIETLANIE LASEREM

W procesie naświetlania laserowego nasion, dotychczas ograniczano się do określenia energii dostarczanej przez laser na ich powierzchnię [2]. Zakłada się, że cała energia dostarczona do powierzchni nasion jest przez nie wchłonięta. Tymczasem tylko część energii zostaje pochłonięta przez materiał i przez przewodzenie ciepłe odprowadzona w głąb. Pozostała część energii zostaje odbita. Na te zjawiska wpływają tzw. właściwości promienne powierzchni [4], m.in. absorpcyjność i refleksyjność monochromatyczna.

W tego typu badaniach należałoby określić model pochłaniania promieniowania laserowego przez powierzchnię nasion. Należałoby też wyznaczyć współczynnik pochłaniania promieniowania.

NAŚWIETLANIE NASION PROMIENIOWANIEM MIKROFALOWYM

W badaniach wpływu na nasiona promieniowania mikrofalowego autorzy [11] podają tylko częstotliwość generatora mikrofal (38,46-53,57 GHz). Tymczasem wiadomo, że współczynnik pochłaniania energii promieniowania mikrofalowego ($k = \varepsilon'_r \operatorname{tg} \delta$) wykazuje nie tylko zależność od częstotliwości, ale jest również funkcją temperatury i wilgotności [4]. Jednostkowa moc grzejna p_v ($\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$), wytworzona w materiale naświetlanym wyniesie:

$$p_v = 5,56 \cdot 10^{-11} f \varepsilon'_r \operatorname{tg} \delta E^2, \quad (6)$$

gdzie: f – częstotliwość, ε'_r – składowa rzeczywista zespolonej przenikalności elektrycznej względnej nasion, $\operatorname{tg} \delta$ – współczynnik stratności nasion, E – wartość skuteczna natężenia pola elektrycznego.

W badaniach należałoby więc podawać, oprócz częstotliwości promieniowania mikrofalowego, również właściwości fizyczne nasion takie jak: względna przenikalność elektryczna, współczynnik stratności, temperatura, wilgotność.

WNIOSKI

W większości badań poświęconych oddziaływaniu pól elektromagnetycznych na materiały rolnicze (stymulacja nasion) najczęściej uwagi autorzy poświęcili parametrom technicznym źródeł promieniowania i efektom uzyskanym w trakcie badań polowych. Do powtórzenia badań i porównania wyników istotna jest znajomość cech fizycznych (elektrycznych) materiału poddawanego stymulacji.

W tym celu należałoby w dalszych badaniach:

1. Uwzględnić parametry fizyczne materiału biologicznego mające związek z pochłanianiem energii, tj. przenikalność elektryczną, przenikalność magnetyczną, stratność elektryczną, rzeczywiste natężenie pola elektrycznego w warstwie materiału biologicznego, itp.,

2. W dalszych badaniach należałoby rozpocząć prace nad poznawaniem zjawisk biofizycznych wywołujących efekty zmian wzrostu roślin pod wpływem energii pól elektromagnetycznych – dotychczasowe badania mają charakter fenomenologiczny, a opis zjawisk ogranicza się do wygłaszania tez.

Wydaje się, że podobne efekty można byłoby uzyskać stosując w miejsce wykorzystywanych dotychczas źródeł energii plazmę niskotemperaturową, wyładowania jarzeniowe i energię ultradźwięków.

PIŚMIENNICTWO

1. **Baran J.:** Elektrostatyczne efekty strykcyjne w dielektrycznej sferoidzie o strukturze warstwowej. Praca doktorska. Politechnika Lubelska, Wydział Elektryczny, Lublin, 1990.
2. **Gładyszewska B., Koper R.:** Ustalanie dawek energii promieniowania laserowego w procesie biostymulacji nasion. *Acta Agrophysica*, 62, 15-23, 2002.
3. **Hanzelik F.:** Dielectrical properties of wheat grains. *Acta Technol. Agric. XXV Univ. Agric. Nitra, Czechoslovakia*, 209-217, 1984.
4. **Hering M.:** Podstawy elektrotermii, cz. II. WNT, Warszawa, 1998.
5. **Landau L., Lifszic E.:** Elektrodynamika ośrodków ciągłych. PWN, Warszawa 1960.
6. **Nelson S.O., Stetson L.E.:** Frequency and moisture dependence of the dielectric properties of hard red winter wheat. *J. Agr. Eng. Res.*, 2, 181-192, 1976.
7. **Pietrzyk W.:** Elektrodynamiczne oddziaływanie na ziarniak jednorodnego pola elektrostatycznego. Seria Wydawnicza – Rozprawy Naukowe, 89, Wyd. AR w Lublinie, 1985.
8. **Prokop M., Pietruszewski S., Kornarzyński K.:** Wstępne badania wpływu zmiennych pól magnetycznych i elektrycznych na kiełkowanie, plony oraz cechy mechaniczne korzeni rzodkiewki i rzodkwi. *Acta Agrophysica*, 62, 83-93, 2002.
9. **Rybiński W., Pietruszewski S., Kornarzyński K.:** Analiza wpływu pola magnetycznego i promieni gamma na zmienność elementów plonowania jęczmienia jarego. *Acta Agrophysica*, 3(3), 579-591, 2004.
10. **Suffczyński M.:** Elektrodynamika. PWN, Warszawa 1980.
11. **Wójcik S., Dziamba M., Pietruszewski S.:** Wpływ promieniowania mikrofalowego na plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego. *Acta Agrophysica*, 2004, 3(3), 623-630.

STANDARDIZATION OF RESEARCH ON THE INFLUENCE
OF ELECTROMAGNETIC FIELD
ON MATERIALS OF BIOLOGICAL ORIGIN

Wiktor Pietrzyk

Faculty of Electrical Engineering and Computer Science,
Department of Computer and Electrical Engineering
Lublin University of Technology
ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin
e-mail: w.pietrzyk@pollub.pl

Abstract. The dielectric material most frequently tested in agricultural engineering is seed of different plant species. Dielectric properties of seeds have been successfully used since the nineteen seventies in so-called electro-technologies, such as grain dielectric drying connected with simultaneous disinfestation, cleaning and sorting in electric fields. Research on the influence of the electromagnetic fields, including laser radiation, on seeds was started in the nineteen nineties. Most of the research deals with the influence of fields on obtained effects in the form of time and energy of germination, crop quantity and quality, e.g. the stiffness of stalks etc. None of the research is concerned with the biophysics of phenomena connected with the influence of the fields on the medium that is a living organism. The description of obtained effects has phenomenological character. The research conditions have not been precisely described in technical aspects. That is why they make the research and its results unrepeatable and incomparable. The paper indicates the parameters, the maintenance of which can help with comparisons of research.

Keywords: electromagnetic fields, seed