A C T A U N I V E R S I T A T I S L O D Z I E N S I S
FOLIA BIOCHIMICA ET BIOPHYSICA 2, 1983

Bruno Nosol, Marek Szuba

WPŁYW POLA ELEKTRYCZNEGO O CZĘSTOTLIWOŚCI 50 Hz NA KIEŁKOWANIE ZIAREN PSZENICY ODMIANY "KASPER"

Badano wpływ pól elektrycznych o częstotliwości 50 Hz na kiełkowanie i wzrost ziaren pszenicy odmiany "Kasper". Omówiono wytwarzanie i pomiary pól elektrycznych w badaniach biologicznych. Przedstawiono niektóre wyniki badań doświadczalnych nad wpływem pól elektrycznych na wzrost ziaren pszenicy.

Wstęp

Wzrost liczby urządzeń elektroenergetycznych wysokiego napięcia oraz tendencja do ciągłego podnoszenia napięć roboczych tych urządzeń powodują wzrost zagrożenia organizmów żywych polami elektromagnetycznymi, generowanymi w otoczeniu tych urządzeń. Zagrożenie to dotyczy organizmów roślinnych, zwierzęcych, a także ludzi. Zagadnieniem wpływu pól elektromagnetycznych o częstotliwościach 50-60 Hz na organizmy żywe zajmowano się już wcześniej [3, 7, 9, 11, 12, 13, 16]. Wyniki dotychczas przeprowadzonych badań nie są jednak jednoznaczne, a niekiedy nawet sprzeczne [1, 2, 4, 5, 8, 14]. W związku z tym postuluje się konieczność prowadzenia dalszych badań na organizmach żywych, zmierzających do otrzymania jednoznacznej odpowiedzi na pytanie dotyczące wpływu pól elektromagnetycznych na te organizmy. Należy zaznaczyć, że zdaniem autorów rozbieżność otrzymywanych wyników jest spowodowana niejednoznacznym określeniem warunków polowych eksperymentu.

Instytut Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej rozpoczął

badania wpływu pól elektrycznych o częstotliwości 50 Hz na rośliny oraz inne organizmy żywe (drobnoustroje, ssaki niższe i wyższe). W badaniach tych zwrócono szczególną uwagę na dokładną identyfikację stosowanych warunków polowych, co umożliwia wierne odtworzenie eksperymentu, jak też pozwala na porównywanie uzyskiwanych wyników badań.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu pola elektrycznego o częstotliwości 50 Hz na zdolność kiełkowania i wzrostu ziaren pszenicy odmiany "Kasper".

Materiał badawczy

W badaniach użyto sprowadzonych z Centrali Nasiennej ziaren pszenicy jarej odmiany "Kasper" o czystości - 99,8, sile kiełkowania - 96 i wilgotności - 15,5.

Metodyka badań

Pole elektryczne o żądanym natężeniu i jednorodności uzyskiwano w obszarze międzyelektrodowym kondensatora powietrznego, którego elektrodami były okrągłe płyty stalowe o średnicy 0,4 m każda. W celu zapewnienia odpowiedniego rozkładu pola krawędzie elektrod zostały zaokrąglone. Żądaną wartość natężenia pola elektrycznego E uzyskiwano przez zmianę potencjału przyłożonego do górnej elektrody, podczas gdy elektroda dolna była uziemiona. Ponadto, aby umożliwić prowadzenie badań na obiektach o różnych wymiarach, elektrodę górną można było podnosić do wysokości H = 20 cm nad nieruchomą elektrodą dolną. W zastosowanym układzie jako źródła napięcia przemiennego o częstotliwości 50 Hz użyto transformatora wysokiego napięcia o napięciu górnym regulowanym płynnie od 0 do 30 kV. Pozwoliło to na uzyskiwanie pól elektrycznych o natężeniu do 100 kV/m.

Symetryczny układ elektrod uprościł problemy pomiarowe. W celu ścisłego określenia warunków polowych przeprowadzono pomiar natężenia pola w dwóch wzajemnie prostopadłych osiach x i y (rys. 1).

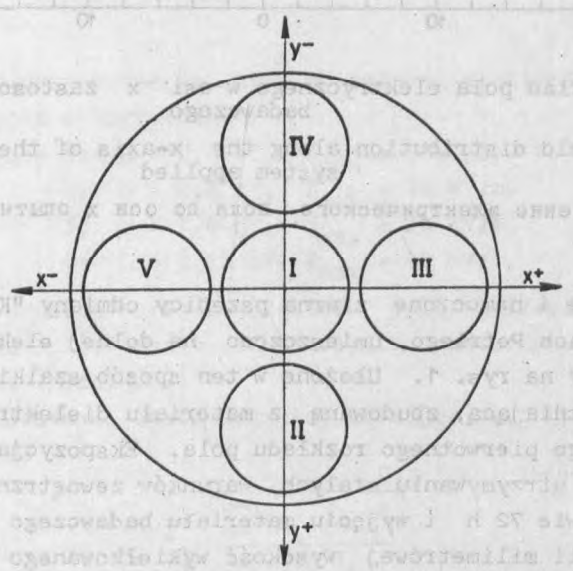
Pomiaru natężenia pola dokonano na dolnej elektrodzie układu przez umieszczenie sondy pojemnościowej w wybranych punktach pomiarowych przestrzeni międzyelektrodowej. Multimetr cyfrowy V 533, połączony z sondą przewodem ekranowanym, wskazywał wartość spadku napięcia na sondzie. Ponieważ spadek napięcia na sondzie jest proporcjonalny do natężenia pola elektrycznego zgodnie z zależnością:

$$U_s = \frac{1}{jC_s} \varepsilon_o AE, \qquad (1)$$

gdzie:

U_s - spadek napięcia na sondzie,
C_s - pojemność elektryczna sondy,
ε_o - przenikalność elektryczna powietrza ($8{,}85 \cdot 10^{-12}$ F/m),
A - powierzchnia elektrody,
E - natężenie pola elektrycznego w obszarze międzyelektrodowym.

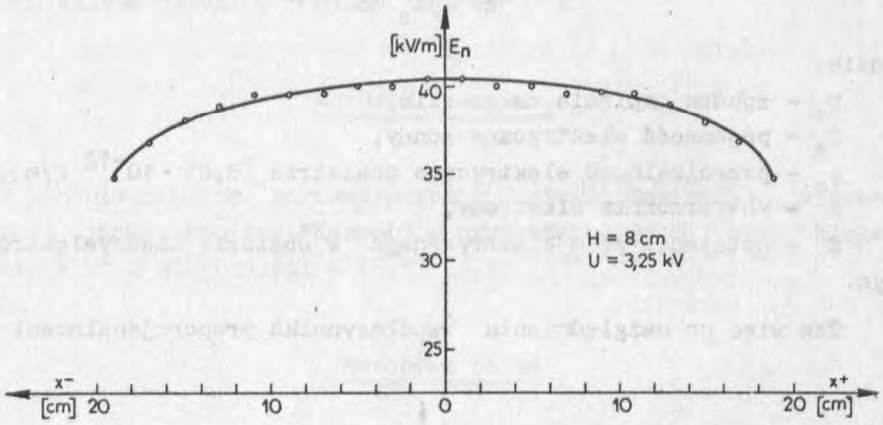
Tak więc po uwzględnieniu współczynnika proporcjonalności mo-



Rys. 1. Rozmieszczenie szalek Petriego na dolnej elektrodzie
Distribution of Petri dishes at the bottom electrode
Расположение чашок Петри на нижней электроде

żna uważać, że odczyt odbywał się w wartościach natężenia pola (kV/m).

Pomiary rozkładu natężenia pola przeprowadzono dla różnych odległości elektrod H oraz różnych wartości przyłożonego napięcia. Przykładowo rozkład natężenia pola w osiach x i y dla wartości H = 8 cm i U = 3,25 kV (wartości zastosowane w doświadczeniu 3) przedstawiono na rys. 2 i 3.



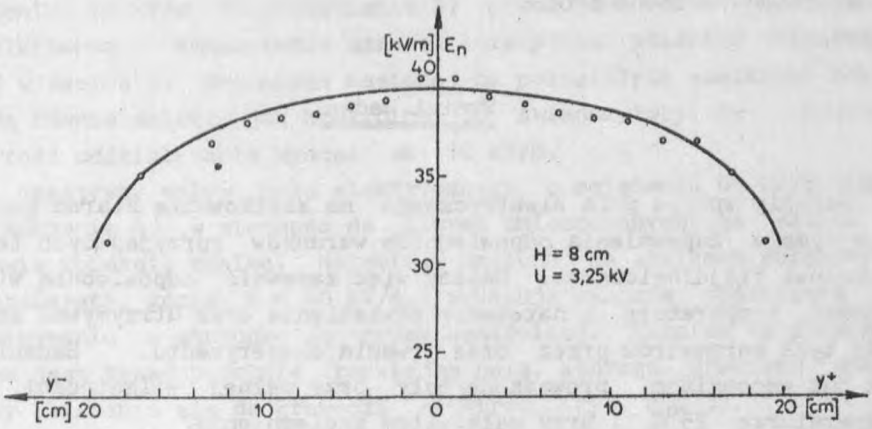
Rys. 2. Rozkład pola elektrycznego w osi x zastosowanego układu badawczego

Electric field distribution along the x-axis of the experimental system applied

Распределение электрического поля по оси x опытной системы

Odkażone i namoczone ziarna pszenicy odmiany "Kasper", ułożone na szalkach Petriego, umieszczono na dolnej elektrodzie w sposób pokazany na rys. 1. Ułożone w ten sposób szalki przykryto osłoną zaciemniającą, zbudowaną z materiału dielektrycznego, nie zmieniającego pierwotnego rozkładu pola. Ekspozycja ziaren trwała 72 h, przy utrzymywaniu stałych warunków zewnętrznych.

Po upływie 72 h i wyjęciu materiału badawczego mierzono za pomocą skali milimetrowej wysokość wykiełkowanego koleoptile. W każdym z przeprowadzonych doświadczeń wyniki porównywano z wynikami otrzymanymi dla grupy kontrolnej, która kiełkowała w takich samych warunkach, jak ziarna eksponowane, lecz bez obecności zewnętrznego pola.



Rys. 3. Rozkład pola elektrycznego w osi y zastosowanego układu badawczego

Electric field distribution along the y-axis of the experimental system applied

Распределение электрического поля по оси y опытной системы

Wykonano 4 doświadczenia przy odległości elektrod H = 8 cm, stosując napięcia o wartościach:

doświadczenie 1: U = 0,4 kV, E_{max} = 5 kV/m,
" 2: U = 0,8 kV, E_{max} = 10 kV/m,
" 3: U = 1,6 kV, E_{max} = 20 kV/m,
" 4: U = 3,25 kV, E_{max} = 40 kV/m,

gdzie E_{max} oznacza wartość natężenia pola elektrycznego w środku dolnej elektrody. Każde doświadczenie powtarzano trzykrotnie (3 x 50 kiełków w szalce).

Wyniki opracowano statystycznie, stosując metodę tzw. średniego błędu (s).

$$s = \pm\sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n\,(n-1)}}, \qquad (2)$$

gdzie:

x_i - wyniki poszczególnych pomiarów,

x - średnia arytmetyczna wszystkich pomiarów,
n - liczba pomiarów.

Wyniki badań

Badanie wpływu pola elektrycznego na kiełkowanie ziaren pszenicy wymaga zapewnienia odpowiednich warunków sprzyjających temu procesowi fizjologicznemu. Należy więc zapewnić odpowiednią wilgotność, temperaturę i natężenie oświetlenia oraz utrzymywać stałość tych parametrów przez czas trwania eksperymentu. Badania, jak już wspomniano, prowadzone były przy pełnej wilgotności, w temperaturze 25°C i przy całkowitym zaciemnieniu.

Na podstawie otrzymanych wyników (tab. 1) stwierdzić należy, że pole elektryczne o częstotliwości 50 Hz i natężeniach w przedziale 10-40 kV/m opóźnia kiełkowanie i hamuje wzrost koleoptili pszenicy odmiany "Kasper" w porównaniu do próbki kontrolnej. Ciekawe wydaje się być porównanie pól o różnych na-

Wpływ pola elektrycznego o częstotliwości 50 Hz
Effect of electric field, frequency 50 Hz,
Влияние электрического поля о частоте 50 гц

Doświadczenie	Szalki Petriego / natężenie pola E [kV/m]	I	II
		długość	
1	5	2,41 ±0,18	2,41 ±0,20
2	10	1,60 ±0,19	2,50 ±0,20
3	20	1,80 ±0,22	2,20 ±0,14
4	40	2,21 ±0,15	2,03 ±0,14

tężeniach na kiełkowanie badanych ziaren. Pole elektryczne o natężeniu 10 kV/m (doświadczenie 2) powoduje znaczne opóźnienie kiełkowania i zahamowanie wzrostu koleoptile pszenicy umieszczonej w szalce I. Natomiast nasiona na pozostałych szalkach kiełkują równie dobrze jak kontrolne, co świadczyłoby, że progowa wartość oddziaływania wynosi ok. 10 kV/m.

Negatywny wpływ pola elektrycznego o natężeniu 40 kV/m (doświadczenie 4) w stosunku do ziaren umieszczonych na szalce I prawie zupełnie zanika. Natomiast nasiona na szalkach położonych w obszarach, gdzie $E < 40$ kV/m, wykazują znaczne opóźnienie w kiełkowaniu w stosunku do grupy kontrolnej. Różnica ta spowodowana jest prawdopodobnie rozkładem pola, którego gradient spada przy zbliżaniu się do krawędzi elektrod (rys. 2 i 3).

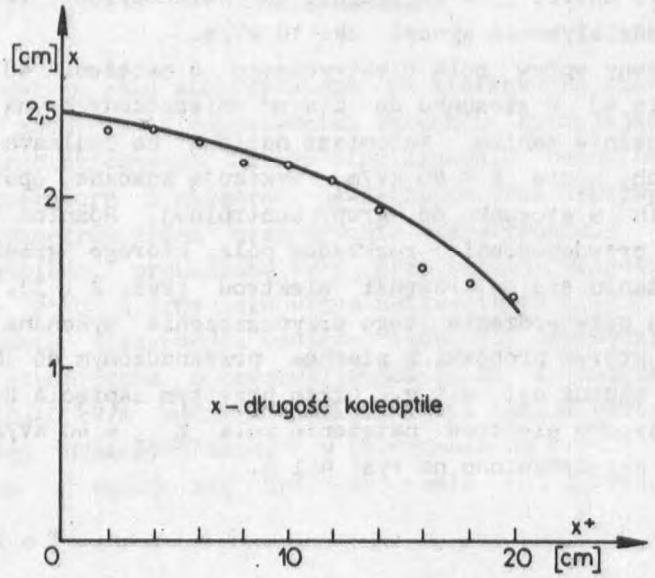
W celu potwierdzenia tego przypuszczenia wykonano doświadczenie, w którym probówki z ziarnem przeznaczonym do kiełkowania ustawiono wzdłuż osi x i y. Użyto przy tym napięcia U = 3,25 kV, dające w środku elektrod natężenie pola E_{max} = 40 kV/m. Otrzymane wyniki przedstawiono na rys. 4 i 5.

T a b e l a 1

na kiełkowania ziaren pszenicy odmiany "Kasper"
on wheat (variety "Kasper") corn germination
на прорастание зерн пшеницы (породы "Каспер")

III	IV	V	Kontrola E = 0 kV/m
koleoptile [cm]			
2,44 ±0,20	2,42 ±0,19	2,45 ±0,19	2,45 ±0,20
2,42 ±0,20	2,47 ±0,19	2,43 ±0,20	2,38 ±0,20
2,40 ±0,16	2,50 ±0,19	2,52 ±0,15	2,40 ±0,15
2,07 ±0,14	2,11 ±0,11	2,09 ±0,18	2,52 ±0,16

Otrzymane wyniki są zgodne z wynikami ujętymi w tab. 1. Dla probówki usytuowanej w środku elektrody negatywny wpływ pola jest mniejszy niż dla ziaren w probówkach umiejscowionych przy krawędziach.



Rys. 4. Zależność długości koleoptile. od umiejscowienia ziaren w przestrzeni między elektrodowej w osi x^+ (E_{max} = 40 kV/m)

Dependence of the coleoptile length on the location of corns in the interelectrode space along the x^+ axis (E_{max} = 40 kV/m)

Зависимость длины колеоптила от расположения зерн в междуэлекродном пространстве по оси x^+ ($E_{макс}$ = 40 кв/м)

Uzyskane wyniki pozwalają sądzić, że oddziaływanie pola elektrycznego na niektóre procesy fizjologiczne roślin jest niewątpliwe. Oddziaływanie to ma charakter nieliniowy, co oznacza, że funkcja

$$\Delta l = f\ (\Delta E) \qquad (3)$$

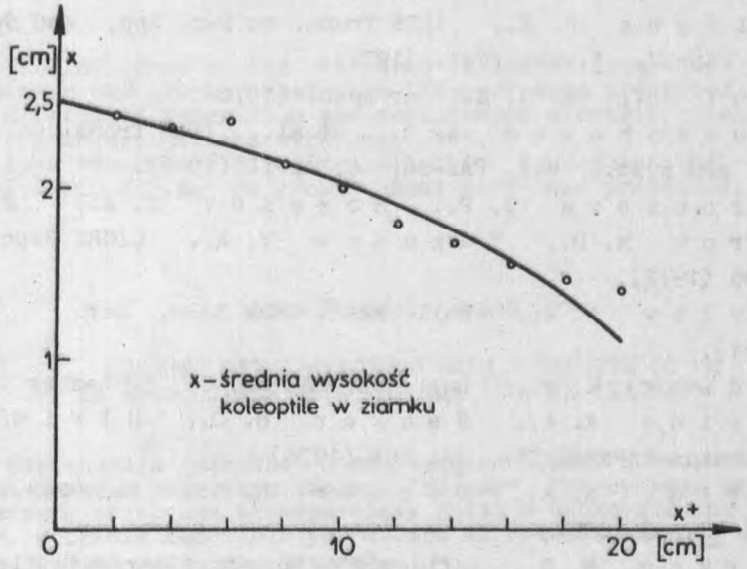
gdzie:

Δl - przyrost długości koleoptile,

ΔE - przyrost natężenia pola,

nie przebiega liniowo.

Z przeprowadzonych doświadczeń wynika, że progowa wartość natężenia pola, powyżej której obserwujemy już pewne efekty, wynosi ok. 10 kV/m. Interpretując otrzymane rezultaty należy zwrócić uwagę na fakt, że oddziaływanie pola magnetycznego na rośliny wykazuje podobny, nieliniowy charakter [6, 10, 15].



Rys. 5. Zależność długości koleoptile od umiejscowienia ziaren w przestrzeni międzyelektrodowej w osi y^+ (E_{max} = 40 kV/m)

Dependence of the coleoptile length on the location of corns in the interelectrode space along the y^+ axis (E_{max} = 40 kV/m)

Зависимость длины колеоптила от расположения зерн в междуэлектродном пространстве по оси y^+ ($E_{макс}$ = 40 кв/м)

Reasumując, stwierdzić należy, że wpływ pola elektrycznego o częstotliwości 50 Hz na kiełkowanie ziaren pszenicy odmiany "Kasper", przy wartościach pola powyżej 10 kV/m, jest niewątpliwy. Wydaje się celowe przeprowadzenie dalszych badań w tej dziedzinie celem wyjaśnienia mechanizmów tego oddziaływania.

LITERATURA

[1] A t o i a n G. E., IEEE Trans. on Pwr. App. and Syst., Vol. PAS-97, 1, Jan./Feb. (1978).

[2] B r i d g e s J. E., IEEE Trans. on Pwr. App. and Syst., Vol. PAS-97, 1, Jan./Feb. (1978).

[3] H a u f R., R. G. E., nr spec. (1976).

[4] K o u v e n h o v e n W. B., et al., IEEE Trans. on Pwr. App. and Syst., Vol. PAS-86, 4, April (1967).

[5] K o r o b k o v a V. P., M o r o z o v Y. A., S t o l a r o v M. D., Y a k u b o v Y. A., CIGRE Report No 23-06 (1972).

[6] K r y l o v A. W., Bull. Akad. Nauk SSSR, Ser. Biol. (1961).

[7] L u d w i g H. W., Bull. SEV/VSE 68, 17 September (1977).

[8] M a r i n o A. A., B e c k e r R. O., U l r i c h B., Separatum EXPERIENTIA 32, 565 (1976).

[9] M a r i n o A. A., B e c k e r R. O., Med. Res. Eng., Vol. 12, 5 (1977).

[10] M a r k o v M. S., Influence of constant magnetic field on water and biological systems, Sofia (1978).

[11] M u r r L. E., Nature, Vol. 200, November (1963).

[12] M u r r L. E., Nature, Vol. 207, September (1965).

[13] M u r r L. E., Nature, Vol. 206, May (1965).

[14] R i v i e r e J., R. G. E., nr spec. (1976).

[15] S s a v o s t i n P. W., Planta 12 (1930).

[16] S t i m m e r H., OZE, Jg 30, 3 (1977).

Instytut Energoelektryki
Politechnika Wrocławska

Bruno Nosol, Marek Szuba

THE INFLUENCE OF THE ELECTRIC FIELD OF FREQUENCY 50 Hz ON GERMINATE WHEAT CORN (variety - "Kasper")

The influence of the electric fields of frequency 50 Hz on germinate and growth wheat corn "Kasper" were presented.

Methods of generation and measurement electric fields in biological investigations were described.

Some results of experimental study concerning the influence of electric fields on growth wheat corn was presented.

Бруно Носоль, Марэк Шуба

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ О ЧАСТОТЕ 50 гц НА ПРОРАСТАНИЕ ЗЕРН ПШЕНИЦЫ (ПОРОДЫ "КАСПЕР")

Исследовали влияние электрических полей о частоте 50 гц на прорастание и рост зерн пшеницы "Каспер". Представили методы образования и измерения электрических полей в биологических исследованиях. Обсудили некоторые результаты касающиеся влияния электрических полей на рост зерн пшеницы.