

Bruno Nosol, Marek Szuba

WPLYW POLA ELEKTRYCZNEGO O CZĘSTOTLIWOŚCI 50 Hz
NA WZROST I ROZWÓJ TKANEK ROŚLINNYCH
W KULTURACH IN VITRO

W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu pól elektrycznych o częstotliwości 50 Hz na wzrost *Cymbidium* 67/2 Lib., i tkanki kalusowej marchwi. Badano nagromadzenie K, Fe, P, zawartość chlorofilu (a + b) oraz ciężar suchej masy tkanek poddanych działaniu pól elektrycznych.

W dobie wzmożonego rozwoju elektroenergetyki, podejmuje się w szeregu placówkach naukowych w kraju i za granicą badania wpływu, generowanych przez urządzenia energetyczne, pól elektrycznych na otoczenie. Badania te dotyczą wpływu pól na organizmy zwierzęce [1, 2], organizm ludzki [5, 6, 8, 17] i rośliny [11-14]. O ile problem oddziaływania zewnętrznych pól elektrycznych o częstotliwości przemysłowej (50-60 Hz) na organizmy zwierzęce i ludzki jest ze zrozumiałych względów szeroko badany, o tyle wpływ tych pól na świat roślin jest w badaniach zwykle pomijany. Nieliczne prace traktujące o wpływie zewnętrznych pól elektrycznych o częstotliwości 50-60 Hz na rośliny problem ten ujmują ogólnikowo, poprzestając z reguły na stwierdzeniu zmian w wyglądzie zewnętrznym badanych roślin, związanym ze spadkiem lub przyrostem masy ich poszczególnych organów [11-13].

Celem przeprowadzonych w naszym Instytucie badań było określenie wpływu zewnętrznych pól elektrycznych o częstotliwości 50 Hz na wzrost i organogenezę tkanek roślinnych w kulturach in vi-

tro. Badano również akumulację żelaza (Fe), fosforu (P), potasu (K) i zawartość chlorofilu w tkankach kultywowanych w różnych wartościach natężeń zewnętrznego pola elektrycznego w przedziale od 0 do 50 kV/m.

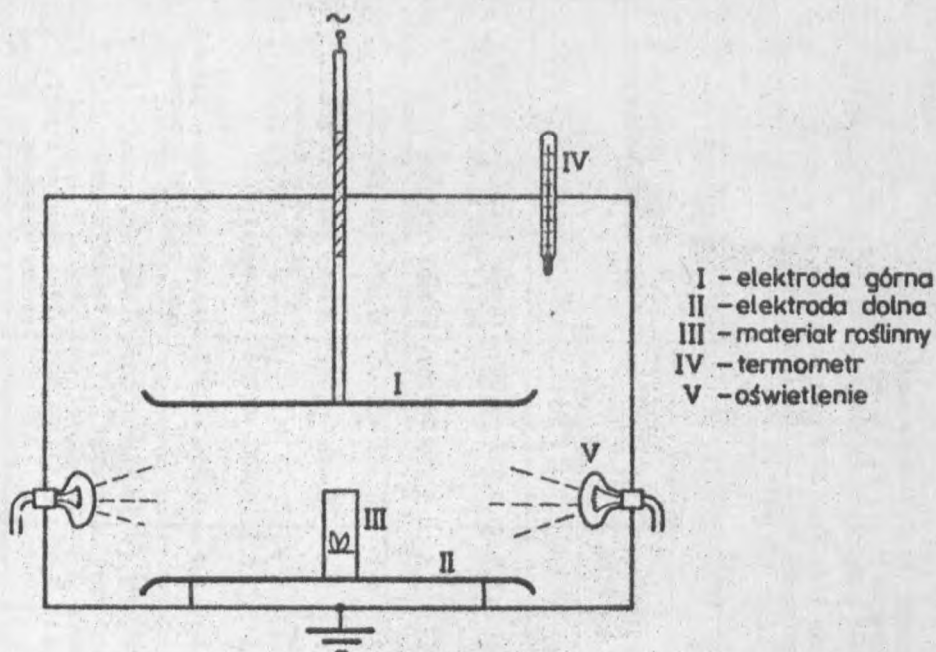
Badania prowadzono na tkance merystematycznej storczyków *Cymbidium* 67/2 Lib. i tkance kalusowej marchwi odmiany Nantejska, które kultywowano metodą *in vitro* [4] na zmodyfikowanej, azotanowej pożywce nr 3 Hoaglanda [9], w temperaturze 25°C i całodobowym oświetleniu o natężeniu 2000 Luxów. Wymienione tkanki kultywowano przez 28 dni w zewnętrznym polu elektrycznym. Po upływie tego czasu, wyhodowany materiał roślinny poddawano badaniom fizjologicznym. Uzyskane wyniki odnoszono do próbki kontrolnej tkanek, kultywowanych w warunkach bez zewnętrznego pola elektrycznego. Każda próbka badawcza składała się ze 100 próbek z materiałem roślinnym, kultywowanym w różnych wartościach natężenia zewnętrznego pola elektrycznego o częstotliwości 50 Hz w przedziale od 0 do 50 kV/m. Doświadczenia prowadzono w miesiącach letnich 1980 r.

METODYKA BADAWCZA

Pole elektryczne o żądanym natężeniu i jednorodności uzyskiwano w modelowym układzie kondensatora powietrznego (rys. 1). Elektrody kondensatora stanowiły okrągłe płytki stalowe ($\varnothing$ 40 cm) o krawędziach wyprofilowanych. Żądaną wartość natężenia pola elektrycznego uzyskiwano przez przyłożenie do górnej elektrody napięcia przemiennego o częstotliwości 50 Hz z transformatora wysokiego napięcia [14].

Fosfor oznaczono metodą molibdenowo-wanadynową [15]. Żelazo całkowite oznaczono metodą o-fenantrolinową [10]. Potas oznaczono metodą fotometrii płomieniowej [15]. Chlorofil (a + b) oznaczono metodą spektrofotometryczną przy zastosowaniu monogramu Ś e s t a k a [16].

W celu statystycznego opracowania otrzymanych wyników stosowano metodę obliczania średniego błędu [3].



Rys. 1

Schemat stanowiska badawczego

Schema investigation position

WYNIKI BADAŃ

Wyniki przeprowadzonych badań upoważniają do stwierdzenia, że zewnętrzne pole elektryczne o częstotliwości 50 Hz, wywiera istotny wpływ na kultywowane w jego obrębie tkanki roślinne.

Badane tkanki, zarówno kalusowa, jak i merystematyczna, kultywowane w polu o natężeniu od 5 do 30 kV/m wykazywały spadek suchej masy, spadek akumulacji żelaza i potasu i lekki wzrost akumulacji fosforu (tab. 1 i 2), w stosunku do tkanek kultywowanych w warunkach bez zewnętrznego pola elektrycznego. Natężenie pola elektrycznego o częstotliwości 50 Hz równe 40 kV/m wpływało stymulująco na wzrost badanych tkanek. Tkanki kultywowane w tym polu, wykazywały większą suchą masę, większą akumulację żelaza i potasu, mniejszą akumulację fosforu, w stosunku do tkanek kultywo-

Tabela 1

Wpływ zewnętrznego pola elektrycznego o częstotliwości 50 Hz na wartości niektórych parametrów fizjologicznych (akumulacja Fe, P, K i zawartość chlorofilu) tkanki kalusowej marchwi w kulturze in vitro

The influence of the electric fields of the frequency 50 Hz on contents of some physiological parameters (accumulation of Fe, P, K and contents of chlorophyll) in carrots tissue (in vitro)

Natężenie pola elek- trycznego kV/m	Sucha masa (sm) mg	Zawartość					Wygląd tkanki
		Fe mg g sm	P mg g sm	K mg g sm	P:Fe	Chlorofil (a+b) mg g sm	
0	58 ± 1	0,638 ± 0,012	1,901 ± 0,016	23,12 ± 0,2	3,0	0,599 ± 0,006	tkanka intensywnie zie- lona, bez śladu nekrozy
10	50 ± 0,8	0,592 ± 0,009	1,998 ± 0,02	20,50 ± 0,5	3,3	0,570 ± 0,003	tkanka zielona
20	48 ± 0,5	0,570 ± 0,011	2,001 ± 0,017	20,00 ± 0,2	3,5	0,551 ± 0,005	tkanka żółtozielona
30	42 ± 1	0,551 ± 0,015	1,995 ± 0,02	19,90 ± 0,1	3,6	0,496 ± 0,002	tkanka jasnozielona brzezi znekrozowane
35	44 ± 0,5	0,559 ± 0,01	1,960 ± 0,018	19,96 ± 0,1	3,5	0,472 ± 0,003	jak wyżej
40	62 ± 1,5	0,650 ± 0,012	1,918 ± 0,015	24,90 ± 0,3	2,9	0,686 ± 0,007	tkanka intensyw. zielo- na o dużej sile wzrostu
45	48 ± 1	0,580 ± 0,009	1,960 ± 0,0015	20,00 ± 0,1	3,3	0,560 ± 0,002	tkanka żółtoziel. słabszy wzrost
50	45 ± 1	0,562 ± 0,01	1,990 ± 0,009	19,10 ± 0,2	3,5	0,512 ± 0,003	silna nekroza tkanki, oznaki chlorozy

T a b e l a 2

Wpływ zewnętrznego pola elektrycznego o częstotliwości 50 Hz na wzrost, organogenezę i wielkość niektórych parametrów fizjologicznych tkanki merystematycznej *Cymbidium 67/2* Lib. w kulturze in vitro

The influence of electric fields of the frequency 50 Hz on growth organogenesis and value of some physiological parameters of the meristem-tissue *Cymbidium 67/2* Lib. (in vitro)

Nate- żenie pola elek- trycz- nego kV/m	Sucha masa (sm) mg	Zawartość					Stopień organizacji tkanki
		Fe mg g sm	P mg g sm	K mg g sm	P:Fe	Chlorofil (a+b) mg g sm	
0	46 +1	0,782 +0,012	2,916 +0,02	32,81 +0,21	3,7	0,638 +0,012	silny wzrost tkanki, znaczna rizo- geneza, pączki wzrostu łodygi
10	40 +2	0,712 +0,009	3,120 +0,024	29,12 +0,5	4,3	0,625 +0,008	dobry wzrost tkanki, słabsza or- ganogeneza (rizogeneza)
20	41 +0,5	0,710 +0,008	3,228 +0,015	28,60 +0,61	4,5	0,526 +0,009	dobry wzrost tkanki, słaba orga- nogeneza
30	38 +0,6	0,691 +0,008	3,100 +0,025	28,50 +0,2	4,5	0,500 +0,01	najslabszy wzrost tkanki, słaba organogeneza, oznaki chlorozy
35	40 +0,5	0,700 +0,009	3,128 +0,014	28,90 +0,01	4,5	0,535 +0,008	słaby wzrost tkanki, chloro- za
40	52 +1	0,789 +0,01	2,872 +0,01	34,50 +0,3	3,6	0,688 +0,009	silne namnażanie tkanki, silna organogeneza, tkanka ciemnozielona
45	42 +0,4	0,712 +0,01	2,980 +0,01	29,95 +0,01	4,1	0,525 +0,007	słabsza organogeneza, tkanka jasnozielona
50	38 +0,5	0,682 +0,02	3,190 +0,01	28,10 +0,2	4,6	0,508 +0,001	b. słaby wzrost tkanki, oznaki chlorozy, punktowa nekroza tkanki

wanych w polu o innym natężeniu w przedziale wartości od 0 do 50 kV/m. Zwiększenie natężenia zewnętrznego pola do wartości 50 kV/m wpływało hamująco na ogólny wzrost badanych tkanek. Stosunek fosforu (P) do żelaza (Fe) decydował o zawartości chlorofilu w badanych tkankach [7]. Niski stosunek odpowiadał wyższej zawartości chlorofilu. Tak więc tkanki kulturowane w polu o natężeniu 40 kV/m wykazywały również najwyższą zawartość chlorofilu. Lepsze odżywianie się tkanek eksponowanych w polu elektrycznym o natężeniu 40 kV/m, jak również wyższa zawartość chlorofilu, mogą tłumaczyć wyższą suchą masę tych tkanek w porównaniu do innych, hodowanych w polach niższych i wyższych.

Tkanka kalusowa marchwi jest w młodym wieku tkanką jednorodną, nieróżnicującą się. Natomiast tkanka merystematyczna storczyków różnicuje się z biegiem kultywacji, dając w konsekwencji ukorzenione i ulistnione siewki storczyków. Proces ten nosi nazwę organogenezy tkanki. I w przypadku tego procesu, obserwowano stymulujące działanie pola elektrycznego o natężeniu 40 kV/m. Tkanka merystematyczna kulturowana w tym polu wykazywała największą organogenezę. Inne wartości natężenia zewnętrznego pola elektrycznego w przedziale od 5 do 50 kV/m wpływały negatywnie na organogenezę kulturowanych w nich tkanek merystematycznych storczyków. Dla porównania, po upływie 28 dni kultywacji w tkance merystematycznej hodowanej w zewnętrznym polu o natężeniu 40 kV/m wykształciły się 3-cm ulistnione i ukorzenione siewki, natomiast w tkankach hodowanych w innych wartościach natężenia pola elektrycznego, obserwowano zaledwie początki rizogenezy. Również tkanki hodowane w warunkach bez zewnętrznego pola elektrycznego, wykazywały słabszą organogenezę w porównaniu do tkanek hodowanych w polu elektrycznym o natężeniu 40 kV/m.

WNIOSKI

1. Pole elektryczne o częstotliwości 50 Hz i natężeniu 40 kV/m działa stymulująco na wzrost i organogenezę badanych tkanek roślinnych w kulturze *in vitro*.

2. Tkanki kulturowane w zewnętrznym polu elektrycznym o natężeniu 40 kV/m, wykazują większą suchą masę, większą akumulację żelaza (Fe), potasu (K) i chlorofilu (a + b), zaś niższą fos-

foru (P) w stosunku do tkanek kultywowanych w innych badanych wartościach natężenia pola z kontrolą (0 kV/m) łącznie.

3. Tkanka merystematyczna storczyków *Cymbidium* 67/2 Lib. kultywowana w zewnętrznym polu elektrycznym o częstotliwości 50 Hz i natężeniu 40 kV/m wykazuje wzmożoną organogenezę w porównaniu do tkanek hodowanych w innych badanych wartościach natężenia pola łącznie z kontrolą, w której tkankę storczyków kultywowano w warunkach bez zewnętrznego pola elektrycznego.

Od stwierdzenia wpływu czynnika zewnętrznego na żywy organizm do wyjaśnienia mechanizmu oddziaływania istnieje daleka droga, toteż problem poruszony w niniejszym artykule wymaga dalszych badań zarówno biologicznych, jak i elektrycznych. W zespole badawczym elektrobiologii Instytutu Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej prowadzone są dalsze badania nad mechanizmem oddziaływania przemysłowych pól elektrycznych o częstotliwości 50 Hz na organizmy roślinne, zwierzęce jak również na organizm ludzki.

LITERATURA

- [1] Le Bars G. A., Cabane J., 1977, *Vorläufige Studien die biologischen Wirkungen eines elektrischen Feldes*. 13-14 Okt, Forschungsstelle für Elektropathologie, Freiburg i. Br., 8, 84-97.
- [2] Bayer A., Birkmann J., Wittke G., 1977, *Elektrizitätswirtschaft*, 4.
- [3] Buczek J., 1976, *Ćwiczenia z Fizjologii Roślin*, Wrocław.
- [4] Gamborg O. L., Wetter L. R., 1975, *Plant tissue culture methods*. Nat. Research Council of Canada.
- [5] Hauf R., 1974, *Wirkung von 50 Hz Wechselfeldern auf den Menschen*, Bd. 26, 12, 318-320.
- [6] Hauf R., 1976, *Einfluss elektromagnetischer Felder auf den Menschen*, Bd. 28, 6/7, 181-183.
- [7] De Kock P. C., Hall A., 1955, *Plant Physiol.*, 30, 293-295.
- [8] Korobkova V. P. and col., 1972, *Influence of the electrical field in 500 and 750 kV switchards on maintenance staff and means for its protection*, CIGRE Report Nr 23-06.
- [9] Machold O., 1967, *Flora Abt. A*, 157, 536-551.

- [10] Marzenko Z., 1968, *Kolorymetryczne oznaczenie pierwiastków*, Warszawa.
- [11] Miller M. W. and col., 1979, *60 Hz Electric Field Parameters Associated with the Perturbation of a Eukaryotic System*, DOE Symposium, Series 50, Tennessee, 109-116.
- [12] Murr L. E., 1963, *Nature*, 200.
- [13] Murr L. E., 1965, *Nature*, 207.
- [14] Nosol B., Szuba M., *Acta Univ. Lodz., Folia Bioch. et Biophys.* (w druku).
- [15] Nowosielska O., 1968, *Metody oznaczania potrzeb nawożenia*, Warszawa.
- [16] Šesták Z., 1966, *Biol. Plant.*, 8, 97-109.
- [17] Stimmer H., 1977, *Die Biologische Auswirkungen elektrischer Felder von Hochspannungsanlagen auf den Menschen*, OZE: Ig. 30, 3.

Instytut Energoelektryki
Politechniki Wrocławskiej

Bruno Nosol, Marek Szuba

INFLUENCE OF THE ELECTRIC FIELDS 50 Hz ON GROWTH OF THE PLANT
TISSUES IN VITRO

The paper presents results of experiments concerning the influence of the electric fields of the frequency 50 Hz on *Cymbidium* 67/2 Lib., and callus carrot tissues growth. The influence of this fields on tissues accumulation of K, Fe, P, chlorophyll (a + b) content and dry weight was investigated.