

BARBARA KOPEĆ

*Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego — Akademia Rolnicza
w Warszawie*

WYKORZYSTANIE ENERGII POLA ELEKTRYCZNEGO DO PRZEDSIĘWNEJ OBRÓBKII NASION

Niezbyt szeroko znane jest wykorzystanie energii elektrycznej jako stymulatora wzrostu, czyli czynnika ingerującego bezpośrednio w procesy życiowe roślin. Zagadnieniem tym interesowano się od dawna. Solly [24] donosi, że już w 1746 roku Mainbrain traktował rośliny mirtu polem elektrycznym i przypisywał temu skutki w postaci szybszego wzrostu i przyspieszenia kwitnienia roślin.

Wyniki prowadzonych obecnie badań, skłaniają jednych do stwierdzenia pozytywnego działania pól elektrycznych na wzrost plonów [12], inni natomiast stwierdzają sceptycznie, że uzyskane efekty są nieznaczne i nie wiadomo, czy można je przypisywać elektrostymulacji [18, 24]. Jednakże wszyscy są zgodni, że mechanizmy działania czynników elektrofizycznych na obiekty biologiczne nie są do tej pory dostatecznie znane, a poznanie ich rokuje nadzieje na możliwość sterowania procesami życiowymi roślin w celu uzyskania maksymalnych plonów.

Każda żywa komórka obdarzona jest potencjałem elektrycznym [2, 19]. Polaryzację komórek określa się na podstawie zachodzących w niej procesów elektrycznych ściśle związanych z działalnością życiową organizmów.

Zakładając, że rośliny są swoistym generatorem energii elektrycznej, zewnętrzne pole wpływa na ich działalność życiową poprzez wzajemne oddziaływanie z bioelektrycznym polem komórki.

Pomiary bioelektrycznych potencjałów powierzchniowych, wykazały że zmieniają się one w czasie pęcznienia i wzrostu nasion. Dalsze badania wykazały, że potencjały elektryczne są nierozdzielnie związane z podstawowymi procesami życiowymi roślin, takimi jak pobieranie substancji odżywczych, a impulsy elektryczne pobudzane w roślinach jako odpowiedź na bodźce zewnętrzne, służą jako sygnały uruchamiające wiele procesów fizjologicznych, np: transport substancji, fotosynteza, oddychanie itp.

W okresie wzrostu rośliny stwierdzono [7] obecność stałej różnicy

potencjałów między korzeniami lub łodygą a glebą o wartości 15—25 mV. Zwiększenie różnicy potencjałów powodowało intensyfikację transportu substancji odżywczych i procesu fotosyntezy.

Zależność między różnicą potencjałów mierzona w różnych punktach nasion, a zdolnością kiełkowania zaobserwowano dla nasion bawełny [17].

Wrażliwość biosystemów na działanie pól elektromagnetycznych tłumaczy się najczęściej zmianą przenikalności dielektrycznej błon komórkowych i różną wartością przenikalności substancji wewnątrz- i międzykomórkowej [1, 19], co powoduje specyficzny rozdział energii między komórką a substancją otaczającą.

Wpływ elektroobróbki nasion na plony

Przedsięwna obróbka nasion polega na umieszczeniu ich w przestrzeni międzyelektrodowej w obszarze działania pola. Do tego celu stosuje się pola elektryczne stałe i zmienne, wysokiej i niskiej częstotliwości, pola wyładowania koronowego i impulsowe. Głównymi parametrami obróbki są: rodzaj pola, wartość natężenia, częstotliwość i czas ekspozycji. Na uzyskane efekty wpływa również wilgotność nasion, okres przechowywania od obróbki do wysiewu, godzina obróbki, liczba warstw nasion poddawanych jednocześnie działaniu pola, gatunek nasion, a nawet odmiana w obrębie tego samego gatunku, warunki klimatyczno-glebowe itp. [8, 16, 21].

Prawdopodobnie są jeszcze inne czynniki dotychczas nieuwzględniane, które sprawiają, że nie uzyskano takich samych efektów w różnych ośrodkach badawczych. Być może wiąże się to z różnymi sposobami i odmiennymi warunkami, w jakich przeprowadzane są laboratoryjne i polowe próby oceny zdolności kiełkowania nasion poddanych działaniu pola elektrycznego.

Stale i zmienne pole elektryczne. Wieloletnie badania Basova [3] wykazały, że w wyniku przedsięwziętej obróbki nasion stałym polem elektrycznym (SPE), wzrasta aktywność procesów biochemicznych i fizjologicznych w rozwijających się kiełkach. Objawia się to wzrostem intensywności oddychania, fotosyntezy i pochłaniania wody. Podwyższa się również aktywność enzymów oksydacyjno--redukcyjnych.

Pszenica. W nasionach pszenicy wysianych w dniu obróbki SPE, intensywność procesu oddychania wzrosła o 30%, a dla wysianych 12 dni później o 70—200% [3]. Aktywność katalazy w 5-dobowych kiełkach pszenicy, wyrosłych z nasion poddanych działaniu pola wyładowania koronowego, była o 2,5--24,5% wyższa w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Zdolność kiełkowania pszenicy poddanej działaniu SPE wzrosła

o 10—18%, przy czym rośliny były wyższe i miały większą masę systemu korzeniowego. W roślinach dorosłych wystąpiło większe nagromadzenie suchej masy i wzrost powierzchni liści, co podwyższyło wydajność fotosyntezy o 15%. Plony pszenicy wzrosły o 5—15%, co wynikało z większej liczby ziaren w kłosie i wzrostu masy pojedynczego ziarna. Rośliny próbne o lepiej rozwiniętym systemie korzeniowym, miały możliwość przyswojenia z gleby większej ilości substancji odżywczych niż kontrolne. W warunkach polowych uzyskano średni przyrost plonów o 1,4—2,6 q·ha⁻¹.

Zastosowanie zmiennego pola elektrycznego (ZPE), o częstotliwości sieciowej 50 Hz, do obróbki nasion pszenicy na skalę przemysłową [10] również spowodowało niewielki, ale stały wzrost planów (tab. 1).

Kukurydza i soja. Porównawcze badania wpływu stałego i zmiennego pola elektrycznego o częstotliwości 60 Hz na zdolność kiełkowania nasion kukurydzy i soi wykonał Wheaton [24], wykorzystując SPE o $E=1 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$ i ZPE o $E=1,5 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$ przy czasach ekspozycji od 1 do 20 sekund. Wskaźnikiem efektu działania pola był czas potrzebny do skiełkowania 50% nasion (t_{50}). Na uzyskane efekty wpłynęło również moczenie nasion przed obróbką. Dla suchej kukurydzy i namoczonej soi uzyskano liniową zależność między natężeniem pola a t_{50} , przy czym rodzaj pola nie miał tutaj wyraźnego wpływu. Działanie ZPE powodowało wydłużenie czasu t_{50} w stosunku do namoczonej kukurydzy i suchej soi. Czas ekspozycji nie powodował widocznych zmian zdolności kiełkowania badanych nasion.

W innych warunkach klimatycznych [10], ZPE spowodowało niewielki ale stały wzrost plonów kukurydzy (tab. 1).

Ziemniaki. Bulwy ziemniaków poddawano działaniu SPE i pola wyładowania koronowego [3], co spowodowało wcześniejsze zawiązywanie bulw oraz ilościowe i jakościowe zmiany plonu (tab. 2). W 40-dniowych liściach ziemniaków odmiany „Priekul'skij” aktywność katalazy wzrosła o 5,1—9,7% po obróbce w polu wyładowania koronowego i o 0,8—6,4% po obróbce w SPE. Dla odmiany „Lorch” wartości te wynoszą odpowiednio 0,2—3,0% i 0,2—2,3% w porównaniu z roślinami kontrolnymi.

Porównanie wpływu działania gibereliny i SPE na plon ziemniaków [20] przedstawione jest w tabeli 3. Wpływ obu czynników jest bardzo podobny, szczególnie przy impulsowym działaniu pola ($t=1\text{s}$). Dłuższy czas obróbki sprzyjał wzrostowi plonów i miał dodatni wpływ na zawartość substancji mineralnych w młodych ziemniakach.

W liściach ziemniaków próbnych, w różnych stadiach ontogenezy wzrosła przewodność elektryczna o 7,5—22,4% i wartość biopotencjału o 6,6—34,8% w porównaniu z roślinami kontrolnymi.

Uznano, że nasilenie procesów życiowych i wzrost plonów są ściśle związane z powyższymi zmianami.

Tabela 1

Wpływ pola elektrycznego prądu przemiennego na wzrost plonu roślin uprawnych — wg (10)

Rośliny	Plon	Przyrost plonu	
	q. ha ⁻¹	q. ha ⁻¹	%
Pszenica ozima			
próba	29,5	1,6	5,8
kontrola	27,9		
Jęczmień ozimy			
próba	24,2	0,5	2,1
kontrola	23,7		
Owies			
próba	21,9	0,7	3,2
kontrola	21,2		
Kukurydza			
próba	39,9	2,1	5,4
kontrola	37,8		

Tabela 2

Wpływ pola elektrostatycznego ($U=50$ kV; $t=2$ s) i pola wyładowania koronowego ($U=50$ kV; $t=5$ s) na wzrost plonu ziemniaków i jego jakość — wg (3)

Rodzaj pola	Wzrost				
	plonu	suchej masy	skrobi	białka	wit. C
	w % w porównaniu z kontrolą			w mg %	

odmiana „Priekul'skij”

Wyładowania koronowego	3,9—23,9	0,9—2,6	1,2—4,5	0,4—2,5	1,1—5,6
Elektrostatyczne		1,3—4,4	1,3—5,2	0,4—1,6	0,6—3,4

odmiana „Lorch”

Wyładowania koronowego	4,6—21,6	1,6—3,8	2,5—7,7	0,4—1,8	1,4—5,9
Elektrostatyczne		0,1—0,8	1,8—5,9	—	0,6—4,5

Tabela 3

Wpływ giberaliny i pola elektrycznego na jakość i plon ziemniaków — wg [20]

Czynnik	Czas działania	Plon	Zawartość						w % suchej masy		
			sucha masa	wit. C	skrobia	białko	Ca	P	K		
			%	mg%							
Kontrola	—	250	22,0	9,1	14,8	10,0	0,27	0,46	1,46		
Giberalina (50 mg. l ⁻¹)	8 × 3,6x 10 ^s	285	23,5	9,0	15,6	9,67	0,19	0,57	1,64		
Pole el. (4 kV.cm ⁻¹) wyładowania koronowego	1	300	24,1	9,5	16,2	7,81	0,21	0,57	1,94		
	10	315	24,6	9,7	16,8	12,40	0,19	0,54	1,64		
elektrostatyczne	1	298	22,4	9,3	16,4	8,75	0,22	0,60	2,40		
	10	308	23,2	9,8	16,9	10,88	0,29	0,66	1,94		

O g ó r k i. Badania nasion ogórków [21] wykazały dodatni wpływ SPE na wzrost intensywności pochłaniania wody, oddychania i fotosyntezy. Dla optymalnych parametrów obróbki — $E=3 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$ i $t=60$ i 90 s — zależnie od odmiany, uzyskano wzrost plonu o 11,3—35,0%, co oznacza 3—6 kg owoców więcej z każdego metra kwadratowego uprawy.

Zmieniła się również zawartość składników mineralnych w uzyskanych owocach, przykładowo dla odmiany „Majskij” nastąpił wzrost suchej masy z 3,1 do 5,1%, cukrów z 5,7 do 6,0% i witaminy C z 3,5 do 3,55 mg%.

L u c e r n a. Nasiona lucerny poddano działaniu zjonizowanego gazu (GP) w rurze wyladowczej i działaniu ZPE o częstotliwości 39 MHz (RF), badając wpływ powyższych czynników na zmniejszenie ilości nasion twardych i na długowieczność nasion [18].

Wpływ GP okazał się bardzo istotny szczególnie dla lucerny odmiany „Ranger”, gdzie uzyskano 9%-owy wzrost zdolności kiełkowania spowodowany takim samym spadkiem ilości nasion twardych. Siła wzrostu nasion — po 3 dniach — była o 32% wyższa niż dla nasion kontrolnych.

Wyniki działania RF w dużym stopniu zależą od wilgotności i czasu ekspozycji. Przy wilgotności 2,7% i $t=1,5 \text{ s}$ nastąpił 29%-owy wzrost zdolności kiełkowania, zawartość nasion twardych zmniejszyła się z 36 do 1% przy 2%-owym wzroście nasion martwych. Przy wyższych wilgotnościach — 7,8% — dopuszczalny czas ekspozycji wynosi 5,2s; dłuższy czas powoduje gwałtowny wzrost nasion martwych.

W zakresie stosowanych wartości natężenia pola, działanie GP powoduje istotny wzrost wartości siewnych nasion. W przypadku pola RF natrafiono na pewne progowe wartości wilgotności i czasu ekspozycji, przekroczenie których powoduje wzrost śmiertelności nasion.

Zmniejszanie ilości nasion twardych przy pomocy pola elektrycznego okazało się konkurencyjne z mechanicznym ocieraniem powodującym wiele uszkodzeń.

Wyniki badań długowieczności nasion przedstawiono w tabeli 4.

Ciekawe porównanie różnych czynników stymulacyjnych przeprowadziła Savieškina [23], rozpatrując działanie promieniowania γ , promieniowania ultrafioletowego i ZPE. W charakterze parametru porównawczego wykorzystano tu koncentrację K ośrodków paramagnetycznych.

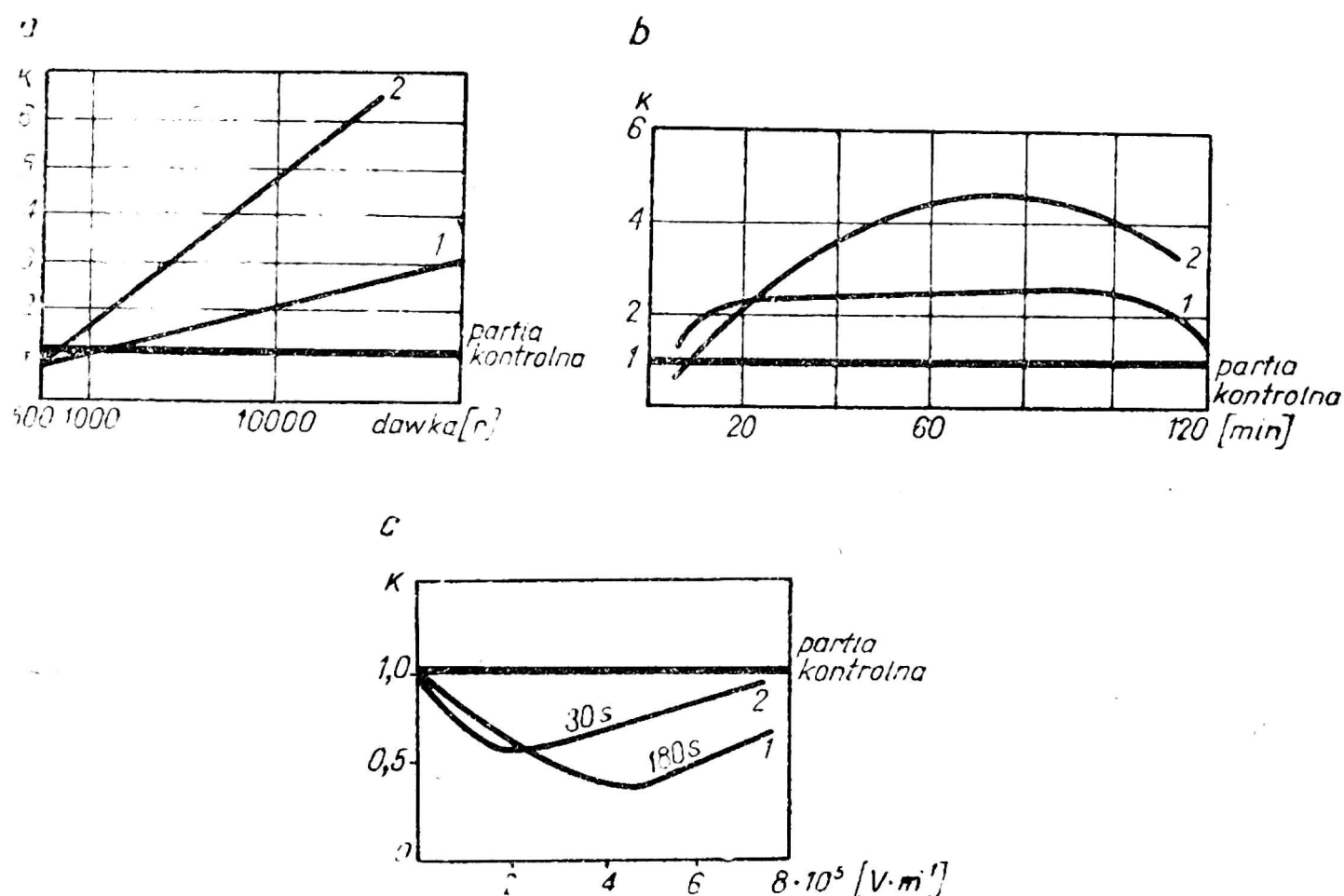
Optymalne dawki promieniowania i wartości natężenia pola odpowiadają albo minimum K albo takiej wartości, od której pojawia się tendencja do nasycenia. Przebieg zależności K dla różnych czynników stymulujących przedstawiono na rysunku 1.

Działanie hamujące zaobserwowano przy napromieniowaniu promieniami γ o dawce $40\cdot 10^3 \text{ r}$ i wyższej, oraz po czasie ekspozycji 120 min przy promieniowaniu ultrafioletowym. W polu elektrycznym działanie hamujące nie wystąpiło.

Tabela 4

Wpływ obróbki polem elektrycznym o częstotliwości 39 MHz i $1,4 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$
oraz zjonizowanym gazem przy $f=60 \text{ Hz}$ i $p=4 \text{ hPa}$ na zdolność kiełkowania
i siłę wzrostu nasion lucerny — wg [18]

Rodzaj pola	Zdolność kiełkowania			Nasiona twarde			Nasiona martwe			Siła wzrostu		
	%											
	1962	1967	1974	1962	1967	1974	1962	1967	1974	1962	1967	1974
Kontrola	39	66	86	56	28	4	0	2	8	41		80
RF	85	88	85	8	4	0	1	5	11	86		85
GP	84	89	85	7	2	0	1	4	12	92		84
				odmiana „Ranger”								
Kontrola	31	47	66	65	46	21	1	4	11	30		64
RF	78	83	86	15	12	3	3	3	10	73		86
GP	77	83	85	14	9	4	2	4	10	82		86
				odmiana „Narragansett”								
Kontrola	76	87	84	16	7	2	1	4	12	76		80
RF	90	92	90	3	0	0	1	4	9	88		84
GP	85	89	86	5	4	0	3	4	13	88		80
				odmiana „Du Puits”								



Rys. 1. Zależność koncentracji K w nasionach od: a — dawki promieniowania, b — czasu napromieniowania promieniami ultrafioletowymi, c — natężenia pola elektrycznego; 1 — pszenica o wilgotności 7,7%, 2 — kukurydza o wilgotności 5,6% — wg [23]

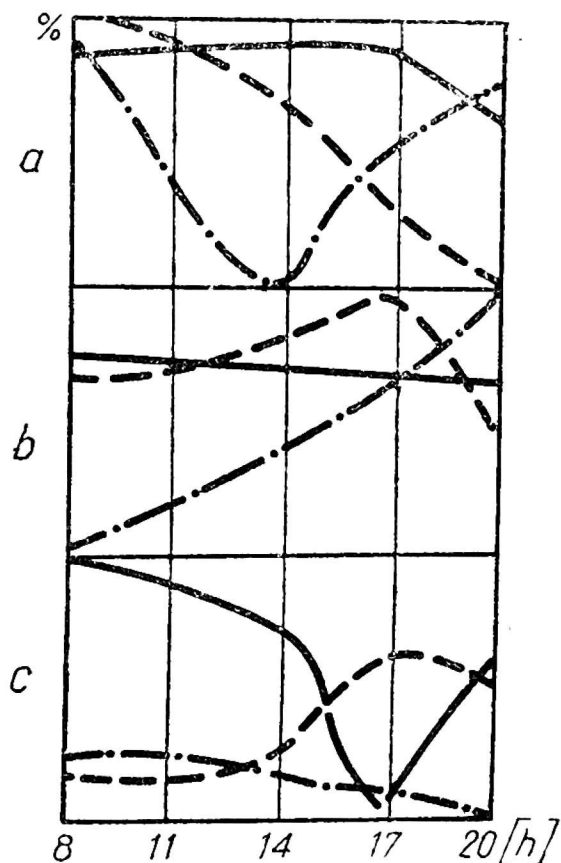
Inne czynniki

Miščenko [16] badał wpływ okresu obróbka-wysiew na własności siewne i plon jęczmienia i kukurydzy. Nasiona poddano obróbce w polu elektromagnetycznym o częstotliwości 21 kHz przy $H=120 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$ i wysiano bezpośrednio oraz po 10 i 20 dniach. Najlepsze efekty — 10%-owy wzrost zdolności kiełkowania — osiągnięto przy czasie obróbki 8—15 minut i okresie obróbka-wysiew 10—15 dni. Dla nasion kukurydzy optymalnym okazał się okres 15 dni — połowa zdolność kiełkowania nasion próbnych wzrosła o 12—16%, a plon — przy wilgotności 14% — o 6—10% w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Wzrost plonu nastąpił dzięki zwiększeniu długości kolb i lepszemu wypełnieniu ziaren.

Badania laboratoryjne nasion pszenicy jarej [10] wykazały, że w miarę wydłużania czasu przechowywania kumuluje się dodatni wpływ obróbki. Plon nasion zebranych z poletek doświadczalnych o powierzchni 5 m² wzrastał w miarę wydłużania okresu obróbko-wysiew w sposób następujący: dla nasion przechowywanych 5 dni — wzrost plonu o 6%, 11 dni —

o 16%, 17 dni o 30%. Pięcioletnie próby przeprowadzone na obszarach kilku tysięcy hektarów dały 2—5% wzrost plonów.

Efekt działania pola zależy nie tylko od czasu przechowywania nasion, ale również od godziny doby, w której dokonano obróbki [4]. Rysunek 2 przedstawia przebieg zdolności kiełkowania nasion buraków cukrowych jednokiełkowych w zależności od godziny obróbki w polu wyładowania koronowego, w polu elektrostatycznym i w polu prądu przemiennego częstotliwości sieciowej, przy opóźnieniu wysiewu o 1, 7, 13 dni.



Rys. 2. Przebieg zależności zdolności kiełkowania nasion buraków cukrowych od godziny obróbki: a — w polu wyładowania koronowego; b — w polu elektrostatycznym; c — w ZPE: przy opóźnieniu wysiewu o 1, 7, 13 dni — odpowiednio linia ciągła, przerywana, kropkowa — wg [12]

Kompleksowe badania [8] wpływu wilgotności nasion, ilości warstw i okresu obróbka-wysiew na plon pszenicy poddanej działaniu SPE wykazały, że czynniki te mają różny wpływ na przebieg rozwoju roślin w poszczególnych fazach ontogenezy. Jako wskaźnik porównawczy rozpatrywano tu zawartość azotu, fosforu i potasu w masie wegetacyjnej roślin oraz ich końcowy plon.

Wilgotność ziarna ma bezpośredni związek z właściwościami dielektrycznymi, na które w znacznym stopniu wpływa zawartość cząsteczek wody swobodnej, a głównie zawartych w niej soli mineralnych. Podczas obróbki nasion o wilgotności 13,6—14% zachodzi intensywne ładowanie nasion, ułatwiające polaryzację ładunków w neutralnych molekułach. Polaryzacja aktywizuje proces wymiany substancji odżywczych, nie tylko w początkowym etapie rozwoju ale i w następnych fazach ontogenezy (tab. 5).

Dla nasion o wilgotności 8,8% pochłanianie potasu, azotu i fosforu było

Wpływ wilgotności nasion pszenicy na pochłanianie elementów mineralnego odżywiania w różnych fazach rozwoju — wg [8]

Wariant	Wilgotność nasion		Plon		Zawartość białka		Zawartość w % w stosunku do roślin kontrolnych w fazie													
	%		q. ha ⁻¹		%		krzewienia			strzelania w kłos			kłoszenia			dojrzałości mleczej				
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Kontrola	13,6		24,1		11,5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
SPE	8,8		27,8		11,25	121,5	146,8	121,1	152	100	107,5	190	92,4	106,7	126,2	108	109,5			
(5 kV.cm ⁻¹	13,6		30,8		12,05	105,9	100	131,2	100	118	147	148	138,6	113,5	100,0	136,7	114,2			
5 s)	18,0		27,6		11,65	111,1	146,8	115,3	126	82,5	129	160	107,5	139,0	118,7	94,8	103,5			

wyższe jedynie w fazie krzewienia, co okazało się niedostateczne dla uformowania wysokich plonów.

Stopień naładowania pojedynczych nasion zależy również od liczby warstw umieszczonych w obszarze działania pola elektrycznego. Próby dowiodły, że najlepsze efekty uzyskuje się przy jednowarstwowej obróbce (tab. 6), która zapewnia równomierne naładowanie wszystkich nasion. Przy obróbce wielowarstwowej największy ładunek elektryczny uzyskuje górna warstwa, co ma jednak niewielki wpływ na plon. Ze względu na wydajność maszyn do elektroobróbki wskazane byłoby mieszanie nasion, powodujące równomierne naładowanie całej warstwy.

Wydajność maszyn zależy nie tylko od liczby warstw ale również od możliwości przechowywania nasion poddanych działaniu pola. Dla badanej odmiany pszenicy, optymalnym okazał się okres 12 dni, po którym zawartość kwasów nukleinowych w nasionach próbnych osiągnęła maksimum i wynosiła 19,4 mg⁰%, a w nasionach kontrolnych 15,93 mg⁰%. Wzrost zawartości kwasów nukleinowych sprzyjał rozwojowi roślin co w efekcie dało wyższy plon (tab. 6).

Tabela 6

Wpływ liczby warstw i okresu obróbka—wysiew na plon pszenicy — wg [8]

Czynnik		Plon	Zawartość białka
		q.ha ⁻¹	%
Liczba warstw	kontrola	24,1	11,5
	1	29,8	12,0
	2	25,8	11,4
	4	25,1	11,6
Okres obróbka—wysiew (dni)	kontrola	27,6	9,0
	20	33,3	9,9
	16	33,6	9,5
	12	36,8	9,8
	7	31,9	9,3
	2	32,1	9,4

Kompleksowe badania wykazały, że najwyższy plon pszenicy jarej odmiany „Vesna” uzyskuje się w wyniku działania SPE o natężeniu 5 kV·cm⁻¹ w czasie 5 s na jedną warstwę nasion o wilgotności 13,6% 12 dni przed wysiewem. Dane te odnoszą się jednak tylko do tej odmiany pszenicy i określonych warunków klimatyczno-glebowych. Przy zmianie warunków badania należałoby przeprowadzić ponownie [8].

Badania krajowe

W Polsce, do tej pory, nie przeprowadzono kompleksowych badań wpływu pola elektrycznego na wzrost i rozwój roślin. Dotychczasowe prace miały na celu określenie wpływu stałego i zmiennego pola elektrycznego na własności siewne nasion, głównie na ich zdolność kiełkowania [6, 9, 13, 14, 15, 22].

Działanie stałego pola elektrycznego na jednokiełkowe kłębki buraków cukrowych spowodowało 4% wzrost zdolności kiełkowania, przy czym efekt obróbki utrzymywał się przez 40 dni [6].

Zdolność kiełkowania nasion marchwi pastewnej wzrosła o 6,7% pod wpływem działania ZPE o natężeniu $4 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ w czasie 10 s [22].

Działaniu stałego i zmiennego pola elektrycznego poddawano również nasiona sałaty i ogórków gruntowych [13, 14, 15, 22]. Natężenie pola wynosiło 2; 3 i $5 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$, czas ekspozycji od 2 do 120 s.

ZPE, w badanym zakresie, nie spowodowało istotnych zmian zdolności kiełkowania nasion sałaty. Średni wzrost zdolności kiełkowania, bez względu na czas obróbki, wynosił 2,1%. Nie zauważono wyraźnego związku między wartością natężenia pola a uzyskanym efektem. Korzystniejsze rezultaty uzyskano przy zastosowaniu SPE. Średni wzrost zdolności kiełkowania wynosił 6,9%. Również w tym przypadku nie wystąpił wyraźny związek między wartością natężenia pola, a uzyskanym efektem. Zauważalny jest raczej nieznaczny wpływ czasu obróbki: w ZPE wyższe przyrosty uzyskano dla czasów krótszych — do 20 s, a w SPE dla czasów ponad 30 s.

Podobne wyniki uzyskano z nasionami ogórków gruntowych. Niezależnie od wartości natężenia pola i czasu obróbki, średni wzrost zdolności kiełkowania dla stałego i zmiennego pola wynosił odpowiednio 0,56 i 0,53%. Największy średni przyrost uzyskano dla obu rodzajów pól przy $E=3 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ — odpowiednio 2,7 i 1,1%. Maksymalne przyrosty zdolności kiełkowania wystąpiły przy następujących parametrach obróbki: ZPE — $E=3 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$, $t=2 \text{ s}$, przyrost 7% (średnio — 4%); SPE — $E=3 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$, $t=60 \text{ s}$, przyrost 12% (średnio — 8%). Potwierdza to poprzednie spostrzeżenia o bardziej efektywnym wpływie SPE przy czasach dłuższych, a ZPE przy krótkim nieomal impulsowym działaniu pola.

Jeśli uwzględnić, że wymagana zdolność kiełkowania nasion ogórków, zależnie od klasy, wynosi 85% (klasa I) i 70% (klasa II), to działanie pola elektrycznego powoduje podwyższenie wartości siewnych części nasion praktycznie o jedną klasę.

Podsumowanie

1. Wpływ pól elektrycznych na wzrost i rozwój roślin jest bezsporny, jakkolwiek mechanizmy działania nie są jeszcze dostatecznie znane.

2. Obróbka nasion polem elektrycznym wywiera dodatni wpływ na podstawowe procesy życiowe roślin, takie jak fotosynteza, oddychanie, aktywność fermentacji i zdolność pochłaniania wody, powodując ilościowe i jakościowe zmiany w otrzymanych plonach. W roślinach próbnych występuje wzrost aktywności enzymów, wzrost ilości pigmentów, kwasów nukleinowych, cukrów, witaminy C, skrobi i białka. Próbne owoce są bogatsze w azot, fosfor, potas i sód.

3. Stałe pole elektryczne, w całym zakresie stosowanych natężeń i czasów ekspozycji, nie wywiera ujemnego wpływu na wzrost i rozwój roślin, podobnie jak zmienne pole elektryczne częstotliwości sieciowej. Ujemne działania zauważono dla pól wysokiej częstotliwości, po przekroczeniu programowego czasu ekspozycji.

4. Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań trudno jest stwierdzić jednoznacznie, czy rodzaj zastosowanego pola elektrycznego ma wyraźny związek z uzyskanym efektem.

5. Obróbka nasion polem elektrycznym może zastąpić chemiczne stymulatory wzrostu (giberelina) lub mechaniczne ocieranie nasion twardych lucerny.

6. Ilość i różnorodność czynników wpływających na efekt obróbki przy nieznaności mechanizmów działania pól elektrycznych na obiekty biologiczne, powoduje, że jednoznaczne określenie wpływu pola na uzyskany plon jest bardzo trudne i uniemożliwia adaptowanie wyników badań zagranicznych w warunkach krajowych.

7. Działanie pola elektrycznego powoduje widoczny wzrost wartości siewnej nasion, jednakże konieczne jest przeprowadzenie kompleksowych badań dla całego okresu wzrostu roślin.

LITERATURA

1. Abramova N.V.: *Élektronnaja Obrabotka Materialov* nr 5, 1980.
2. Arber S. L.: *Élektronnaja Obrabotka Materialov* nr 3, 1978.
3. Basov A. M.: *Élektronnaja Obrabotka Materialov* nr 1, 1977.
4. Bel'skij A. I.: *Élektronnaja Obrabotka Materialov* nr 6, 1977.
5. BN-71/9116-01 Nasiona roślin warzywnych.
6. Dąbrowski S.: Zastosowanie pola elektrycznego w procesach obróbki niektórych surowców rolniczych. Lublin 1980 Wydział Techniki Rolniczej Akademii Rolniczej (rozprawa doktorska).
7. Ivanko I. P.: *Mechanizacija i Élektrifikacija Selskogo Chozjajstva* nr 1, 1977.

8. Izakov F. I.: *Élektronnaja Obrabotka Materialov* nr 2, 1981.
9. Kowalówka B.: Badanie wpływu pola elektrycznego na zdolność kiełkowania nasion ogórków odmiany „Visconsin SMR-18”. Warszawa 1982 Instytut Mechanizacji Rolnictwa i Leśnictwa SGGW-AR (praca magisterska).
10. Kożevnikova N.F.: *Mechanizacija i Élektrifikacija Socialističeskogo Sel'skogo Chozjajstva* nr 2, 1971.
11. Kradionov V. P.: *Élektronnaja Obrabotka Materialov* nr 3, 1978.
12. Kradionov V. P.: *Mechanizacija i Élektrifikacija Socialističeskogo Sel'skogo Chozjajstva* nr 7, 1976.
13. Majka K., Kopeć B., Pyrko J., Romejko R.: Badania nad możliwością niekonwencjonalnego wykorzystania energii elektrycznej i słonecznej w rolnictwie — Cz. I. Warszawa 1979. Instytut Mechanizacji Rolnictwa i Leśnictwa SGGW-AR (maszynopis).
14. Majka K., Kopeć B., Pyrko J., Romejko R.: Badania nad możliwością niekonwencjonalnego wykorzystania energii elektrycznej i słonecznej w rolnictwie — Cz. II. Warszawa 1980 Instytut Mechanizacji Rolnictwa i Leśnictwa SGGW-AR (maszynopis).
15. Majka K., Kopeć B., Pyrko J., Romejko R.: Badania nad możliwością niekonwencjonalnego wykorzystania energii elektrycznej i słonecznej w rolnictwie — Cz. III. Warszawa 1981 Instytut Mechanizacji Rolnictwa i Leśnictwa SGGW-AR (maszynopis).
16. Miščenko V. I.: *Élektronnaja Obrabotka Materialov* nr 6, 1980.
17. Nelson S. O.: *Transactions of the ASAE* Vol. 16 nr 2, 1973.
18. Nelson S. O.: *Crop Science* Vol. 17 nr 6, 1977.
19. Ostapenkov A. M.: *Élektronnaja Obrabotka Materialov* nr 2, 1981.
20. Potanina N. D.: *Sel'skochozjajstvennaja Biologija* nr 3, 1978.
21. Sal'nikov A. I.: *Élektronnaja Obrabotka Materialov* nr 2, 1978.
22. Sałajczyk J.: Badanie wpływu pola elektrycznego prądu przemiennego na energię i zdolność kiełkowania nasion marchwi pastewnej. Warszawa 1981. Instytut Mechanizacji Rolnictwa i Leśnictwa SGGW-AR (praca magisterska).
23. Saveškina L. M.: *Mechanizacija i Élektrifikacija Socialističeskogo Sel'skogo Chozjajstva* nr 3, 1971.
24. Wheaton F. W.: *Transactions of the ASAE* nr 2, 1971.