

# Zastosowanie podczerwieni do suszenia nasion\*

## Z prac Katedry Ogrodnictwa WSR we Wrocławiu

Zastosowanie promieni podczerwonych do suszenia nasion nie jest dotychczas rozpowszechnione, aczkolwiek wiadomo, że stanowią one typowe promienie ciepłe i działają osuszająco na ciała kapilarno-porowate, jakimi są nasiona. Brak wykorzystania tej formy energii do suszenia nasion wynika przypuszczalnie z obawy niebezpieczeństwa zabicia żywotności nasion w czasie niewłaściwego naświetlania i z przyczyn trudności technicznych, tj. konstrukcji nowego typu suszarni promiennikowej.

Energia promieniowania uzyskiwana przy użyciu promienników ulega po pochłonięciu przez nasiona zamianie na ciepłą. Wytworzone ciepło powoduje odparowywanie wody znajdującej się w nasionach, ponieważ zaś przenikanie promieni ma miejsce do wnętrza nasienia woda paruje równocześnie w całej masie.

Po gruntownym przeanalizowaniu dotychczas stosowanych w kraju i zagranicą metod suszenia i typów suszarni odnośnie suszenia materiału siewnego doszliśmy do wniosku, że jedynie suszenie w próżni mogłoby dać pozytywne wyniki. Suszarnie

próżniowe przy swych ogromnych zaletach są jednak budowane z obliczeniem na wielkie partie nasion. Opłacalne są one przy ruchu ciągłym dla dużych wydajności, dla produktów masowych (ziarno zbóż w elewatorach) — nie mogłyby przeto znaleźć zastosowania dla dosuszania małych partii, na przykład nasion warzyw. Suszarnie przewiewowe, działające na zasadzie przedmuchu gorącym powietrzem lub mieszaniną powietrzno-gazową warstw ziarna — najrozmaitszych typów i konstrukcji — nie powinny być właściwie w ogóle używane do dosuszania materiału siewnego, szczególnie najcenniejszego, tj. superelit, elit i nasion warzyw.

Centrala Nasiennictwa Ogrodniczego i Szkółkarstwa, przy współpracy z którą rozpoczęliśmy nasze badania, dysponuje różnorodnym asortymentem nasion, a poza tym skup nasion warzyw jest właściwie drobnotowarowy. Na skutek tego naczelną zasadą przechowywania, a tym bardziej suszenia takich nasion, jest oddzielne traktowanie poszczególnych partii nasion ze względu na stan nasienia (własności fizyczne i biologiczne, jak zawartość wody, energia i siła kiełkowania itp.) a co najważniejsze ze względu na gatunek i odmiany. Te założenia kazały szukać nowej

\* Referat wygłoszony na kurso-konferencji przechowalnictwa nasion we Wrocławiu dnia 22.VI.1954 r.

konstrukcji przystosowanej do potrzeb magazynów nasiennych.

Zainteresowanie Katedry Ogrodnictwa WSR Wrocław promieniami podczerwonymi powstało przez teoretyczne poznanie działania tych promieni. Fachowe publikacje o zastosowaniu energii elektromagnetycznej w przemyśle spożywczym i technice skłoniły nas do podjęcia prób nad zastosowaniem napromienienia do dosuszania nasion.

Wartość promieni podczerwonych w zastosowaniu do suszenia, oprócz całego szeregu zalet w odróżnieniu od innych termicznych sposobów suszenia, polega przede wszystkim na szybkości działania, wynikającej z możliwości wnikania promieni w tkankę nasienia. Tym samym następuje szybkie nagrzanie suszonego materiału i szybkie odparowanie. Przy suszeniu systemem owiewowym nagrzanie od powierzchni stykającej się z gorącym powietrzem w grąb nasienia idzie drogą przewodnictwa, co wymaga dłuższego czasu, a poza tym może wywoływać szereg niekorzystnych zjawisk. Przede wszystkim jednak przy suszeniu owiewowym nie możemy zapewnić równomiernych warunków suszenia, a więc nagrzania nasion w całej suszonej partii — jednakowej wilgotności czynnika suszącego przez cały czas suszenia — a przez to jednakowego wysuszenia masy nasiennej.

W przeciwieństwie do wymienionych wyżej wad innych systemów termicznych — przy zastosowaniu promieni podczerwonych zapewniamy nasionom jednakową dawkę napromieniowania uzyskując w ten sposób jednakową temperaturę nagrzania nasion i jednakowe odparowanie.

W pracy naszej jako źródła promieni podczerwonych użyliśmy promienników podczerwieni produkcji krajowej o mocy 250 Watt na napięcie 220 V. Promienniki te dają fale o długości około 1,2 mikrona, które są dobrze pochłaniane przez materię pochodzenia organicznego.

Pracę naszą nad dosuszaniem nasion podczerwienią podzieliliśmy na kilka etapów.

Etapem wstępnym było zebranie elementów do budowy prototypu suszarki promiennikowej zmechanizowanej. Etap wstępny pracy realizowany był w kilku okresach — a to przez budowę laboratoryjnej suszarki i jej opracowanie, to znaczy znalezienie pola równego suszenia dla zespołu lamp przy różnych odległościach lamp od powierzchni suszenia, a w związku z tym różnej rozstawy promienników. Następnie przeprowadzono próbne analizy suszenia nasion różnych gatunków i sprawdzano działanie różnych ekspozycji napromienienia analizami żywotności nasion. Zakończeniem tego etapu pracy było opracowanie założeń do budowy prototypu suszarki promiennikowej zmechanizowanej.

Drugim etapem pracy będzie budowa prototypu laboratoryjnej suszarki promiennikowej zmechanizowanej i opracowanie tej suszarki, a więc przeprowadzenie analiz suszenia, sprawdzonych analizami żywotności dla możliwie największego asortymentu nasion. Zakończeniem tego etapu pracy będzie przygotowanie założeń do budowy suszarki zmechanizowanej dla magazynów na podstawie sprawdzonych wszystkich elementów suszenia na prototypie laboratoryjnym.

Trzeci etap — to budowa suszarki typu przemysłowego i opracowanie norm suszenia dla nasion różnych gatunków.

Pracę naszą rozpoczęliśmy od budowy laboratoryjnej suszarki promiennikowej z jednym agregatem suszącym złożonym z 7 lamp.

Rozmieszczenie lamp w zespole można dowolnie regulować, a cały zestaw opuszczać i podnosić na żadaną wysokość. Zespół promienników jest umieszczony w szafce, a dla skierowania energii promienistej na suszone nasiona obity jest materiałem odbłaskowym.

Pierwszym zadaniem po zbudowaniu suszarki było znalezienie pola równego suszenia. Wiadomo, że w zależności od wysokości umieszczenia promienników od powierzchni suszenia, pole suszenia jednego promiennika będzie różne, o różnym natężeniu promieniowania na płaszczyźnie

objętej przez promienie. Należało znaleźć pole równego suszenia dla zespołu. Droga prób doszliśmy do oznaczenia pola równego suszenia dla odległości 20, 25 i 30 cm i znaleźliśmy rozstawę promienników odpowiadającą tym odległościom.

Podstawowym warunkiem suszenia nasion jest dopuszczalna wysokość temperatury nagrzania nasion, która, jak wiadomo, jest różna dla różnych gatunków i nie może przekraczać, zależnie od gatunku, 25 — 45, maksimum 50°C. W tej chwili nie mamy możliwości mierzenia temperatury nasion nagrzanych przez napromienienie. Do określenia tego parametru potrzebne by były bardzo precyzyjne termopary. Wobec tego przyjęliśmy, że odpowiedniej ekspozycji dla każdego gatunku nasion będziemy poszukiwać na podstawie analiz suszenia (procent ubytku wody) i analiz żywotności — tj. działania danych ekspozycji napromienienia na energię i siłę kiełkowania nasion.

Głównym kryterium w wyborze odpowiedniej ekspozycji było jej działanie na żywotność nasion. Ustalono, że wstępne analizy suszenia dla określonych elementów do budowy prototypu suszarki bę-

dziemy przeprowadzać przy różnych odległościach promienników od nasion i przy różnych czasach suszenia, głównie 1, 2 i 3 minuty.

Stosowano także ekspozycje przerywane — można to nazwać napromienieniem dawkowanym, dając ½ minuty napromienienia i 1 minutę przerwy, w sumie 2 minuty napromienienia. W ten sposób przeprowadzano pewną regulację suszenia. Po suszeniu i zbadaniu procentu ubytków wody nasiona poddawano kiełkowaniu razem z kontrolnymi nie suszonymi. Niektóre bardziej interesujące nas gatunki nasion składowano i co 3 miesiące określano ich żywotność (na przykład cebula zbioru 1952 r., tabela 3).

Nasiona, jak to widać z tabel ilustrujących wyniki doświadczeń, brano do suszenia z dość niską zawartością wody. Wynikało to z tego, że CNOS dostarczała nasiona do prób suszenia wtedy, gdy one już wyschły, podczas gdy dla naszych badań pożądane były nasiona w stanie kondycji odbioru od producenta.

Próby nawilgacania nasion nie dały pozytywnych wyników, jeśli chodzi o żywot-

Tabela I

## Analiza wstępna — wyka jara

Odległość w cm	Czas w minutach	Zawartość wody			Żywotność			
		przed suszeniem	% ubytku	po suszeniu	kontr. nie susz.		po suszeniu	
					E	S	E	S
20	1	13,01	0,28	12,73	98	99	95	97
20	2	13,01	0,67	12,34	98	99	96	97
20	dawk. sum. 2	13,01	0,69	12,32	98	99	97	98
25	1	13,01	0,22	12,79	98	99	98	98
25	2	13,01	0,57	12,43	98	99	95	97
25	3	13,01	0,96	12,05	98	99	91	95
25	dawk. sum. 2	13,01	0,57	12,44	98	99	97	98
30	1	13,01	0,16	12,85	98	99	98	99
30	2	13,01	0,42	12,59	98	99	97	98
30	3	13,01	0,71	12,30	98	99	93	98
30	4	13,01	0,42	12,59	98	99	97	99

ność. Stwierdzono, że nasiona po takich zabiegach słabo kiełkowały. Szczególnie ostro na takie zabiegi zareagował łubin. Stan ten już w 1954 roku uległ do pew-

nego stopnia zmianie, gdyż pewną ilość nasion różnych gatunków otrzymano z własnego pola doświadczalnego.

Tabela 2

## Analiza wstępna — pomidory

Odległość w cm	Czas w minutach	Zawartość wody			Żywotność			
		przed suszeniem	% ubytku	po suszeniu	kontr. nie susz.		po suszeniu	
					E	S	E	S
20	1	12,71	4,27	8,44	98	98	60	68
20	2	12,71	6,07	6,64	98	98	—	—
20	3	12,71	7,46	5,25	98	98	—	—
20	dawk. sum. 2	12,71	5,68	7,03	98	98	22	34
25	1	12,71	3,83	8,88	98	98	94	96
25	2	12,71	5,28	7,43	98	98	1	27
25	3	12,71	6,55	6,16	98	98	—	—
25	dawk. sum. 2	12,71	5,10	7,61	98	98	93	96
30	1	12,71	3,27	9,44	98	98	98	99
30	2	12,71	4,63	8,08	98	98	69	79
30	3	12,71	5,71	7,00	98	98	1	4
30	dawk. sum. 2	12,71	4,57	8,14	98	98	97	98

W tabelach 1, 2 i 3 mamy wyniki wstępnych analiz suszenia i żywotności nasion wyki, pomidorów i cebuli, wziętych do suszenia o mniej więcej podobnej zawartości wody.

Już na pierwszy rzut oka widzimy różnice w reakcji badanych trzech gatunków nasion na te same ekspozycje napromienienia. Nasiona te różniły się wielkością, barwą, budową i prawdopodobnie też składem chemicznym — i jak widać z tabel wybitnie różniły się w reakcji na te same ekspozycje.

Z tabeli 1 widać, że stosunkowo duże, najbardziej uwodnione nasiona wyki (13,01%) dają najmniejsze ubytki wody, podczas gdy płaskie, pokryte szczecinkami nasiona pomidorów (tabela 2), podobnie jak drobne, czarne nasiona cebuli (tabela 3), reagują znacznie większym ubytkiem wody. Reakcja żywotności u tych trzech gatunków nasion na działanie promieni była

także różna. Nasiona wyki reagowały wybitną zniżką procentu energii i siły kiełkowania tylko przy najsilniejszej ekspozycji — przy odległości 20 cm i 3 minutach napromienienia, poza tym nie obniżały swej żywotności

Nasiona pomidorów natomiast tylko przy odległości 30 cm i czasie napromienienia 1 minuta, jak też przy dawkowanym sumarycznie 2-minutowym napromienieniu, utrzymywały pełną żywotność. Nasiona cebuli jeszcze silniej reagowały na napromienienie, gdyż tylko ekspozycja 1-minutowa przy odległości 30 cm dawała gwarancję utrzymania ich pełnej żywotności po zabiegu suszenia.

Cebulę po suszeniu przechowywano w chłodni w temperaturze poniżej 0°C przez okres 1 roku, przeprowadzając próby żywotności po 3 miesiącach, po pół roku i po roku składowania. Żywotność cebuli dosuszanej utrzymywała się, jak widać z

Analiza wstępna — cebula

Tabela 3

Odleg- łość w cm	Czas w minutach	Zawartość wody %			Z y w o t n o ś ć													
		przed susze- niem	% ubytku	po susze- niu	po 3 mies.		po 1/2 roku		po 1 roku		po 3 mies.		po 1/2 roku		po 1 roku			
					kontr. E S	susz. E S	kontr. E S	susz. E S	kontr. E S	susz. E S	kontr. E S	susz. E S	kontr. E S	susz. E S	kontr. E S	susz. E S		
20	1	11,20	2,80	8,40	72	92	91	94	4	10	69	78	5	8	85	89	6	7
20	2	11,20	4,62	6,58	72	92	91	94	—	—	69	78	—	—	85	89	—	—
20	3	11,20	6,24	4,96	72	92	91	94	—	—	69	78	—	—	85	89	—	—
20	dawk. sum. 2	11,20	4,05	6,15	72	92	91	94	—	—	69	78	—	—	85	89	—	—
25	1	11,20	2,15	9,05	72	92	91	94	85	93	69	78	77	84	85	89	85	92
25	2	11,20	4,08	7,12	72	92	91	94	—	—	69	78	—	—	85	89	—	—
25	3	11,20	5,27	5,93	72	92	91	94	—	—	69	78	—	—	85	89	—	—
25	dawk. sum. 2	11,20	3,78	7,42	72	92	91	94	4	17	69	78	37	52	85	89	16	46
30	1	11,20	2,11	9,09	72	92	91	94	92	96	69	78	78	90	85	89	94	97
30	2	11,20	3,52	7,68	72	92	91	94	—	—	69	78	—	—	85	89	—	—
30	3	11,20	4,58	6,62	72	92	91	94	—	—	69	78	—	—	85	89	—	—
30	dawk. sum. 2	11,20	3,36	7,84	72	92	91	94	86	93	69	78	81	90	85	89	92	93

tabeli 3, w ciągu roku przechowania bez zmian, gdy nasiona kontrolne jednak obniżyły nieco swoje wskaźniki energii i siły kiełkowania mimo tych samych dobrych warunków przechowania i stosunkowo niskiej wilgotności wyjściowej.

Ogólną obniżkę procentową energii i siły kiełkowania po pół roku przechowania można tłumaczyć tym, że analiza ta była robiona w sierpniu i przy kiełkowaniu nasion była zbyt wysoka temperatura.

Takie „klasyczne“ analizy wstępne przeprowadzono dla nasion wielu gatunków i analiza wyników suszenia i żywotności

pozwołała wybrać odpowiednią odległość, a przez to rozstawę promienników, jak też czas ekspozycji, jako elementy do budowy suszarki.

Tabela 4 przedstawia wyniki wstępnych prób suszenia i żywotności nasion dla wielu gatunków. Podane są tutaj procenty ubytków wody przy stosowaniu tylko 2 ekspozycji — przy wybranej odległości i żywotność poddawanych napromienieniu nasion w porównaniu z kontrolną zawartością wody w nasionach i kontrolną żywotnością.

Tabela 4

*Analizy wstępne*  
*Wpływ napromieniania 1 i 2 minut na odparowanie wody i żywotność nasion*

Gatunek	Kontrolne			Suszone					
	zawartość wody wyjściowej	żywotn.		1 minuta			2 minuty		
		E	S	ubytek wody	E	S	ubytek wody	E	S
Pszenvca Komor.	13,89	95	95	0,98	95	96	1,27	91	92
Żyto ludowe	13,19	96	96	0,68	97	97	1,44	79	84
Jęczmień PZNR	14,02	97	97	0,86	98	99	1,17	97	97
Owies	12,20	70	94	1,49	78	90	2,81	50	63
Kukurydza	31,72	94	97	1,06	96	99	1,40	96	98
Kupkóvka	11,38	88	93	3,82	92	96	5,86	90	92
Kostrzewa łąkova	12,28	86	94	3,34	91	94	5,68	12	52
Stokłosa bezostna	13,14	51	63	3,27	40	58	5,66	14	30
Wyka	13,01	98	99	0,16	98	99	0,42	97	98
Łubin (szary)	13,61	x	x	0,08	x	x	0,18	x	x
Esparceta	11,34	52	76	1,17	49	73	2,45	52	72
Fasola Norrida	14,78	95	96	0,11	100	100	0,17	90	92
Perłowy ryż	14,29	96	96	0,30	97	100	0,52	96	98
Pomidory	12,71	98	98	3,27	98	99	4,63	69	79
Kapusta	8,07	77	93	1,00	86	89	2,02	7	38
Cebula	11,20	72	92	2,11	92	96	3,55	—	—
„	14,71	78	89	3,55	58	70	5,50	—	—
„	20,21	x	x	3,51	x	x	6,09	x	x

Nasiona, jak już zaznaczono, były stosunkowo suche, jednak zróżnicowanie odparowania i działanie na żywotność jest charakterystyczne i może stanowić pod-

stawę dla oceny przydatności promieni podczerwonych do suszenia nasion.

Z tabel ilustrujących wyniki analiz wstępnych (tabele 1, 2, 3, i 4) widać wy-

raźnie reakcję nasion na długość ekspozycji i jak wielki wpływ na ubytki wody ma wielkość i budowa nasion. Przy pobieżnej analizie tych wyników (nie wchodząc w szczegóły teoretyczne, na przykład teorii działania promieni podczerwonych, teorii suszenia, wpływu składu chemicznego i budowy nasienia na odparowanie) widzimy, że duże, jasne, błyszczące nasiona kukurydzy mimo wysokiego uwodnienia oddają wodę bardzo słabo — a im nasiona są drobniejsze, tym większe są procenty ubytków wody. Natomiast nasiona drobne silniej reagują na działanie promieni strątką żywotności.

Analiza całego cyklu doświadczeń przeprowadzonych nad dosuszaniem kukurydzy wykazała wątpliwą przydatność tego rodzaju suszenia w zastosowaniu do kukurydzy, chociaż po sumarycznym 20-minutowym napromienieniu obniżono zawartość wody w nasionach z 31,44% na 16,54% dla odmiany Złoty Żar, a dla odmiany węgierskiej z 29% do 17,60% bez obniżenia żywotności. Potwierdzone to zostało także analizami na żywotność po okresie przechowania.

Podobnie dzieje się u strączkowych. Z tabeli 4 widać, jak małe ubytki wody daje wyka o 13,01% zawartości wody wyjściowej lub bardziej wilgotna fasola Norida o 14,78% zawartości wody przed suszeniem. Dla strączkowych przypuszczalnie większą wartość będzie stanowiło odkażające działanie promieni podczerwonych, natomiast prawdopodobnie bez większego znaczenia pozostanie ich działanie suszące. Stwierdzone to zostało także przy okazji badań nad zwalczaniem strąkowców.

Przy pracach nad suszeniem strączkowych oprócz owadobójczego działania zaobserwowano ciekawy fakt, który może należałoby uwzględnić w ścisłych badaniach nad nasionami łubinu, a także innych strączkowych, że po działaniu promieniami podczerwonymi zmniejszył się procent nasion „twardych“. Zaznaczam, że obserwacja ta wymaga całego szeregu badań i w tej chwili nie można jeszcze podać żadnych wiążących cyfr.

Zboża, drobne nasiona traw i roślin warzywnych chętnie oddają wodę i zastosowanie promieni podczerwonych do ich suszenia zdaje się być godne polecenia.

W dalszych badaniach stwierdzono, że im nasiona mają wyższą zawartość wody, tym wybrane ekspozycje dają wyższy procent ubytku. Wykazuje to tabela 4 dla nasion cebuli. Stwierdzono równocześnie jednak, że im nasiona są wilgotniejsze, tym są także wrażliwsze na działanie promieni i reagują obniżką żywotności.

Analizując te fakty i biorąc pod uwagę, że jednorazowe napromienienie przy optymalnej ekspozycji może nie dać odpowiedniego do składowania odwodnienia — przeprowadzono szereg prób z napromienieniem dawkowanym dla nasion różnych gatunków. Punktem wyjścia, podstawą dalszych doświadczeń, była optymalna ekspozycja z analizy wstępnej. Ilustracją tych badań jest tabela 5, gdzie mamy przykładowo podane wyniki zachowania się nasion kilku gatunków warzyw, przy stosowaniu dawkowanego napromienienia.

W założeniu doświadczenia przyjęto sumę 5-minutowego napromienienia, stosując po każdej 1-minutowej ekspozycji czas 10 minut schłodzenia.

Cofnijmy się do wspomnianego przykładu cebuli w tabeli 4. Przy zawartości wody wyjściowej 11,20%, energii 72% i sile kiełkowania 92% ubytek wody po 1-minutowym napromienieniu wynosi 2,11% przy zachowaniu pełnej siły, a nawet podniesieniu energii kiełkowania z 72% na 92%. Przy wyjściowej zawartości wody 14,71% (inna partia nasion) ta sama ekspozycja daje ubytek 3,55% wody, ale obniża żywotność i energię z 70 na 50%, a siłę z 89 na 70%. Przy dwuminutowej ekspozycji w obu wypadkach nasiona zostały zabite.

Dawkowane jednoczynowe napromienienie obniża stopniowo siłę i energię kiełkowania cebuli po piątej dawce — to jest sumarycznie po 5 minutach napromienie-

nia energia wynosi 54, a siła kiełkowania 68% — przy obniżeniu o 5,38% zawartości wody. Pietruszka zachowuje się podobnie, rzodkiewka wykazała dużą odporność żywotności, ale nasiona były wyjątkowo suche. Ogólnie doświadczenia te

wykazały, że 1-minutowa ekspozycja może być już ekspozycją graniczną dla niektórych gatunków, poza którą nie może wychodzić, bo staje się niebezpieczną dla żywotności nasion, choć sprawa odwodnienia pozostaje nadal otwarta.

Tabela 5

## Napromienienie dawkowane

1-min. ekspozycji

10 minut schłodzenia

Obiekt doświadczenia		Pietruszka	Rzodkiewka	Cebula
Kontrolne	zawartość wody	9,61	6,75	13,01
	energia	75	95	79
	siła kiełkowania	86	95	82
Po pierwszym suszeniu	ubytek wody	1,67	0,57	2,69
	energia	74	97	79
	siła kiełkowania	80	99	83
Po drugim suszeniu	ubytek wody	2,60	0,88	3,70
	energia	68	97	78
	siła kiełkowania	80	67	81
Po trzecim suszeniu	ubytek wody	3,12	1,07	4,25
	energia	67	95	72
	siła kiełkowania	83	96	81
Po czwartym suszeniu	ubytek wody	3,72	1,24	4,91
	energia	56	96	69
	siła kiełkowania	76	97	74
Po piątym suszeniu	ubytek wody	4,09	1,36	53,8
	energia	38	96	54
	siła kiełkowania	76	96	68

Wobec takich wyników przeprowadzono szereg prób z dawkowanym naświetlaniem przy zmniejszonej ekspozycji do  $\frac{1}{2}$  minuty, przyjmując ten sam sumaryczny czas naświetlania a więc 5 minut przy dziesięciokrotnym powtarzaniu napromieniania. Wyniki tych doświadczeń ilustruje tabela 6.

Czas pojedynczej ekspozycji został zmniejszony przy 10-krotnym naświetlaniu, zwiększona została prędkość zabiegu w warunkach laboratoryjnych — przy tym samym rozchodzie energii elektrycznej — 5 minut — ale utrzymana została żywotność nasion przy tym samym

wysokim stopniu odparowania wody. Jednocześnie, na podstawie tego przykładu możemy wybrać czas, po którym powinniśmy przerwać suszenie, gdyż malejące procenty ubytków wody w dalszym ciągu suszenia nie opłacałyby nam rozchodu energii elektrycznej na odparowanie.

W tabeli 6 mamy przedstawione wyniki dla 3 poprzednich gatunków nasion i możemy porównać stopniowy ubytek wody — procent ususzenia, a jednocześnie zachowanie się żywotności nasion. Tę metodę stosowano dla różnicowania wilgotności w nasionach użytych do doświadczenia z hermetycznym zamykaniem nasion i skła-



*Napromienianie dawkowane*  
 $\frac{1}{2}$  minuty ekspozycji *10 minut schłodzenia*

Obiekt doświadczenia		Pietruszka	Rzodkiewka	Cebula
kontrolne	zawartość wody	9,50	7,10	13,89
	energia	71	95	68
	siła kiełkowania	76	97	75
Po pierwszym suszeniu	ubytek wody	1,01	0,35	2,27
	energia	77	92	77
	siła kiełkowania	81	97	80
Po drugim suszeniu	ubytek wody	1,42	0,55	3,36
	energia	78	94	77
	siła kiełkowania	80	98	79
Po trzecim suszeniu	ubytek wody	1,83	0,63	4,01
	energia	77	93	72
	siła kiełkowania	83	98	74
Po czwartym suszeniu	ubytek wody	2,11	0,77	4,52
	energia	84	94	75
	siła kiełkowania	89	97	78
Po piątym suszeniu	ubytek wody	2,38	0,92	5,00
	energia	76	95	76
	siła kiełkowania	80	98	78
Po szóstym suszeniu	ubytek wody	2,64	1,02	5,33
	energia	77	90	70
	siła kiełkowania	82	96	77
Po siódmym suszeniu	ubytek wody	2,80	1,10	5,62
	energia	83	93	67
	siła kiełkowania	87	97	76
Po ósmym suszeniu	ubytek wody	2,96	1,25	5,84
	energia	78	94	64
	siła kiełkowania	82	99	69
Po dziewiątym suszeniu	ubytek wody	3,11	1,37	6,02
	energia	78	93	62
	siła kiełkowania	83	98	70
Po dziesiątym suszeniu	ubytek wody	3,25	14,8	6,24
	energia	73	90	55
	siła kiełkowania	78	98	68

dowaniem ich w różnych warunkach temperatury — tak samo w badaniach nad kukurydzą, a ówczesny dyplomant Kate-

dry Ogrodnictwa inż. Chwiejczak St. zastosował metodę dawkowanego napromienienia w swojej pracy nad dosuszaniem

rzepaku, uzyskując pozytywne wyniki tak w stopniu odwodnienia rzepaku, jak i w utrzymaniu jego żywotności.

Ekspozycje przerywane, czyli tak zwane napromienienie dawkowane, wiążą się ściśle z jeszcze jednym koniecznym przy suszeniu zabiegiem — to jest ze schłodzeniem nasion. Schłodzenie i odleżenie się nasion przed powtórным suszeniem jest potrzebne dla wyrównania wilgoci w całym nasieniu — dla równomierniejszego odparowania w suszeniu następnym bez szkody dla żywotności. Opierając się na teoretycznych podstawach procesu migracji wody w suszonych nasionach — w doświadczeniach z dawkowanym napromienieniem i odleżeniem się nasion stosowaliśmy różne czasy schła-

dzania, a to 10 minut, 1 godzinę i 24 godziny.

Tabela 7 podaje wynik doświadczenia dla pietruszki przy  $\frac{1}{2}$  minutowym 10-krotnym napromienieniu i przy stosowaniu 24 godzin schłodzenia. Doświadczenie przeprowadzone było przez ściśle kontrolowanie ciężaru nasion przed i po suszeniu, przez co zdołano uchwycić różnicę ciężaru przy suszeniu i przy schłodzeniu. Po każdej próbie były przeprowadzane analizy żywotności. Cyfry w tabeli przedstawiają średnie z sześciu powtórzeń. Wilgotność i temperatura laboratorium były notowane przez hygrograf i termograf.

Zestawienie w tabeli 7 może charakteryzować kilka zagadnień:

Tabela 7

*Napromienienie dawkowane — pietruszka  
ekspozycja  $\frac{1}{2}$  minuty  $\times$  10 przy 24 godzinach chłodzenia*

Kolejność zabiegu	Zawartość wody		24 godziny schłodzenia		
	% przed suszeniem	% po suszeniu	wilgotność względna powietrza w laboratorium %	zawartość wody po schłodzeniu %	% ubytku lub przybytku
1	9,18	8,58	55,6	7,89	— 0,69
2	7,89	7,32	51,2	7,13	— 0,19
3	7,13	6,70	53,7	7,07	— 0,37
4	7,07	6,74	57,8	7,12	+ 0,38
5	7,12	6,77	61,7	7,63	+ 0,86
6	7,63	7,22	60,3	7,45	+ 0,23
7	7,45	7,01	57,9	7,30	+ 0,29
8	7,30	6,95	58,5	7,24	+ 0,29
9	7,24	6,86	57,5	7,00	+ 0,14
10	7,00	6,51	53,0	6,69	+ 0,18

1) potwierdzenie „teoretycznych“ założeń o hygroskopijności nasion. Z tabeli 1 widać dążenie nasion do utrzymania i uzyskania stanu równoważnej wilgotności w warunkach otoczenia;

2) częściowe określenie właściwego stopnia odwodnienia.

Jak wynika z przykładu tabeli 7 zabiegu suszenia nie należy prowadzić do zbyt niskiej wilgotności nasion, jeżeli nie możemy zapewnić nasionom warunków sta-

bilnych, izolowanych od wahań wilgotności względnej powietrza. Stosowanie długiego odleżenia się może być korzystne przy niskiej wilgotności względnej powietrza dla nasion wilgotnych, które będą w okresie schłodzenia i odleżenia się oddawały wodę, jak to zresztą zachodziło w cytowanym doświadczeniu w pierwszych dwóch dobach. Natomiast prowadzenie takiego zabiegu przy dość wysokiej wilgotności względnej powietrza bę-

dzie niecelowe, gdyż jak widać z tabeli 7 przy dalszym powtarzaniu suszenia odbierano tylko tę część wody, którą nasiona wchłonęły przy 24-godzinnym odleżeniu się.

W wyniku tych doświadczeń stwierdzono, że w warunkach laboratorium na przykład dla pietruszki wystarczającym czasem schłodzenia przy dawkowanych ekspozycjach napromienienia będzie 10 minut.

Rozpoczęty także został cykl doświadczeń nad wpływem stosowania wentylacji po suszeniu promiennikowym dla dalszego odparowania i dla schłodzenia nasion. Żmudne te doświadczenia, prowadzone w dość prymitywnych warunkach (na prymitywnych aparatach), nie mogą dać w tej chwili wiążących danych cyfrowych, jednak dają także pewne podstawy do uzasadnienia wymagań stawianych przez nas co do pewnych urządzeń w suszarni zmechanizowanej. Doświadczenia te przeprowadza się na nasionach uwilgotnionych sztucznie, na razie bez zwracania uwagi na wpływ tych zabiegów na żywotność nasion. W doświadczeniu na przykład dla nasion szpinaku zastosowano następujące kombinacje schładzania i wentylacji po 1-minutowym napromienieniu:

1) kontrolne — naturalne schłodzenie przez 10 minut (nasiona rozsypane na sitach w temperaturze pokojowej 18°C),

2) wentylacja w ciągu 10 minut w temperaturze pokojowej 18°C,

3) wentylacja w ciągu 10 minut w temperaturze 30 — 40°C.

Otrzymane wyniki wskazują, że zastosowanie dodatkowej wentylacji ciepłym powietrzem po przejściu nasion pod promiennikami wpłynie na wysokie odparowanie wody i zmniejszy znacznie zużycie energii elektrycznej w KWh na 1 kg od-

parowanej wody. W cytowanym doświadczeniu ze szpinakiem otrzymaliśmy następujące wyniki: przyjmując za 100 wysokość odparowania wody i zużycia energii elektrycznej na odparowanie 1 kg wody w kombinacji 1, to znaczy bez wentylacji, otrzymujemy następujące wskaźniki:

1) bez wentylacji odparowanie wody 100, zużycie energii elektrycznej 100,

2) przy wentylacji w 18°C, odparowanie wody 141,39, zużycie energii elektrycznej 71,2%,

3) przy wentylacji w 30—40°C odparowanie wody 197,58, zużycie energii elektrycznej 51,45%.

Opisane serie doświadczeń nad dosuszaniem nasion promieniami podczerwonymi przedstawiają w skrócie drogę, którą postępowała nasza praca nad poznaniem własności promieni podczerwonych i ich działania na żywy organizm nasienia. W pracy naszej stwierdziliśmy niewątpliwą przydatność promieni podczerwonych do dosuszania nasion. Otrzymaliśmy z niej uzasadnienie do opracowania założeń do projektu budowy suszarni promiennikowej zmechanizowanej i częściowo wytyczyliśmy już kierunek i drogę badań do opracowania suszarni zmechanizowanej przed oddaniem jej magazynom do eksploatacji.

\* \*  
\*

Wszystkie wymienione w niniejszym referacie prace badawcze — których prawa autorskie zostają zastrzeżone — zostały wykonane przy Katedrze Ogrodnictwa WSR Wrocław pod kierunkiem prof. dr M. Li-tyńskiego i są nadal kontynuowane przez Zakład Biologii i Przechowywania Nasion IHAR.

A. Wilkojć