



UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY  
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH  
W BYDGOSZCZY

## **ROZPRAWY NR 149**

Marek Domoradzki

# **DOSKONALENIE TECHNOLOGII POZBIOROWEJ OBRÓBK NASION EKOLOGICZNYCH NA PRZYKŁADZIE ROŚLIN BALDASZKOWATYCH**

BYDGOSZCZ – 2011

REDAKTOR NACZELNY  
prof. dr hab. inż. Janusz Prusiński

REDAKTOR DZIAŁOWY  
dr hab. Jacek A. Szymura, prof. UTP

OPINIODAWCY  
prof. dr hab. Jan Pabis  
prof. dr hab. inż. Marek Tukiendorf

OPRACOWANIE TECHNICZNE  
mgr Dorota Ślachciak, inż. Edward Gołata

© Copyright  
Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego  
Bydgoszcz 2011

Praca powstała przy wsparciu projektu  
„Realizacja II etapu Regionalnego Centrum Innowacyjności”  
współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego  
w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego  
Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2007-2013

ISSN 0209-0597

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego  
ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. 52 3749482, 3749426  
e-mail: [wydawucz@utp.edu.pl](mailto:wydawucz@utp.edu.pl) <http://www.wu.utp.edu.pl>

---

Wyd. I. Nakład 120 egz. Ark. aut. 8.00. Ark. druk. 9,75. Zamówienie nr 5/2011  
Oddano do druku i druk ukończono w czerwcu 2011 r.  
Uczelniany Zakład Małej Poligrafii UTP Bydgoszcz, ul. Ks. A. Kordeckiego 20

## Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń .....	6
1. WPROWADZENIE .....	9
2. PRZEGLĄD STANU WIEDZY W ZAKRESIE ROLNICTWA EKOLOGICZNEGO .....	11
2.1. Stan obecny i perspektywy rozwoju .....	11
2.2. Ekologiczne środki ochrony roślin .....	13
2.3. Zagrożenia rolnictwa ekologicznego i metody przeciwdziałania .....	16
2.3.1. Zakażenia grzybowe roślin i ich zwalczanie .....	16
2.3.2. Zagrożenia dla zdrowotności ludzi .....	16
2.3.3. Metody biologiczne zwalczania grzybów .....	17
2.3.4. Metody biologiczne zwalczania owadów .....	17
2.3.5. Zwalczanie zachwaszczenia w uprawach .....	18
2.3.6. Metody fizyczne ochrony stosowane w nasiennictwie ekologicznym .....	18
2.3.7. Hodowla odmian roślin odpornych na zakażenia .....	19
3. OPERACJE I PROCESY W OBRÓBCE NASION .....	20
3.1. Operacje i procesy jednostkowe stosowane w nasiennictwie .....	20
3.2. Operacje i procesy jednostkowe przydatne w nasiennictwie ekologicznym .....	25
3.2.1. Zbiór i czyszczenie nasion .....	26
3.2.2. Suszenie .....	27
3.2.3. Kalibracja nasion .....	36
3.2.4. Płukanie i ługowanie nasion .....	44
3.2.5. Odkazanie termiczne nasion .....	47
3.2.6. Otokzkowanie i powlekanie nasion .....	49
3.3. Uzasadnienie podjęcia pracy .....	51
4. PROBLEMY, HIPOTEZY I ZAŁOŻENIA BADAWCZE .....	52
4.1. Problemy .....	52
4.2. Hipotezy badawcze .....	52
4.3. Założenia badawcze .....	53
5. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES PRACY .....	54
5.1. Przedmiot pracy .....	54
5.2. Cel pracy .....	54
5.3. Zakres pracy .....	54
6. OGÓLNA METODYKA BADAŃ .....	55

7. BADANIA WŁASNE .....	58
7.1. Kalibracja nasion .....	58
7.1.1. Analiza sitowa wybranych gatunków nasion roślin baldaszkowatych .....	58
7.1.2. Budowa modelu przesiewacza wibracyjnego .....	62
7.1.3. Badania kalibracji nasion w modelowym przesiewaczu wibracyjnym .....	63
7.2. Płukanie i ługowanie nasion .....	68
7.2.1. Kinetyka nawilżania nasion .....	69
7.2.2. Kinetyka ługowania nasion pietruszki .....	71
7.2.3. Rozdział hydrostatyczny nasion .....	75
7.3. Odkazanie nasion w gorącej wodzie .....	76
7.3.1. Badania laboratoryjne odkazania nasion w gorącej wodzie .....	76
7.3.2. Budowa modelu aparatu do termoterapii .....	78
7.4. Ochrona ekologiczna nasion .....	81
7.4.1. Zaprawianie nasion chitosanem .....	81
7.4.2. Inokulacja nasion zarodnikami grzybów .....	81
7.5. Suszenie .....	83
7.5.1. Wilgotność równowagowa nasion warzyw .....	84
7.5.2. Odporność termiczna nasion ogrzewanych w gorącym powietrzu .....	84
7.5.3. Budowa modelu suszarki do nasion .....	87
7.5.3.1. Dobór wentylatora i podgrzewacza powietrza .....	88
7.5.3.2. Badanie podgrzewacza powietrza .....	88
7.5.4. Badania procesu suszenia nasion po operacjach mokrych .....	91
7.5.5. Kinetyka suszenia nasion .....	95
7.5.6. Zakończenie cyklu suszarniczego .....	98
7.6. Otoczkowanie nasion .....	99
7.6.1. Aparat modelowy do otoczkowania nasion .....	100
7.6.2. Ciecz granulacyjna .....	100
7.6.3. Charakterystyka materiałów pylistych .....	101
7.7. Przygotowanie nasion do wysiewu na plantacji ekologicznej .....	104
7.7.1. Obróbka nasion przed siewem .....	105
7.7.1.1. Kalibracja nasion .....	105
7.7.1.2. Płukanie, odkazanie w gorącej wodzie i rozdział hydrostatyczny nasion .....	105
7.7.1.3. Badania aplikacyjne preparatów biologicznych .....	107
7.7.1.4. Otoczkowanie nasion inokulowanych zarodnikami grzybów .....	110
7.7.2. Przygotowanie nasion do wysiewu w pierwszym roku doświadczeń polowych .....	113
7.7.3. Doświadczenia wazonowe badanych nasion .....	114
7.7.3.1. Marchew .....	115
7.7.3.2. Pietruszka .....	116



7.7.4. Badania polowe .....	116
7.7.4.1. Kiełkowanie nasion kopru w polu .....	118
7.7.4.2. Kiełkowanie nasion pietruszki w polu .....	118
7.7.4.3. Kiełkowanie nasion marchwi w polu .....	119
7.7.5. Zbiory nasion ekologicznych .....	120
7.7.5.1. Zbiór nasion z roślin jednorocznych – koper .....	120
7.7.5.2. Zbiory korzeni z wysiewu elit nasiennych w pierwszym roku doświadczeń .....	122
7.7.6. Zbiory nasion z roślin dwuletних .....	123
7.7.6.1. Marchew .....	123
7.7.6.2. Pietruszka .....	126
7.7.7. Omówienie wyników badań pozbiorowej obróbki nasion .....	128
8. LINIA TECHNOLOGICZNA EKOLOGICZNEJ OBRÓBKИ NASION .....	133
9. PODSUMOWANIE PRACY .....	136
10. WNIOSKI .....	137
LITERATURA .....	138
Dokumenty, normy i patenty .....	146
Normy .....	146
Patenty .....	147
STRESZCZENIA.....	148

### Wykaz ważniejszych oznaczeń

a	– współczynnik kierunkowy równania, (stała),
$a_i$	– wymiar oczka sita, mm,
b	– wyraz wolny równania,
c	– ciepło właściwe, $\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$ ,
$c_s$	– ciepło właściwe suchych nasion, $\text{kJ} \cdot (\text{kg s.m.} \cdot \text{K})^{-1}$ ,
$c_w$	– ciepło właściwe wody, $4,186 \text{ kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$ ,
d	– średnica, mm,
$d^*$	– średnia średnica w układzie RRSB, mm,
$d_e$	– średnica zastępcza zbioru, mm,
$d_z$	– średnica zastępcza, mm,
e	– podstawa logarytmów naturalnych,
g	– przyspieszenie grawitacyjne, $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ,
$n^*$	– współczynnik burzliwości,
$n_r$	– współczynnik równomierności uziarnienia,
n	– ogólny wykładnik potęgowy,
$n_n$	– liczba nasion w próbie, szt.,
p	– ciśnienie, Pa, mm H <sub>2</sub> O,
$q_r(d)$	– gęstość rozkładu granulometrycznego,
r	– ciepło parowania wody, $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,
t	– temperatura, °C,
$t_1$	– temperatura początkowa nasion, °C,
$t_{n\max}$	– maksymalna dopuszczalna temperatura nagrzania nasion, °C,
$t_p$	– temperatura powietrza, °C,
u	– prędkość przepływu powietrza liczona na pusty aparat, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,
$u_w$	– zawartość wody w odniesieniu do suchej masy, $\text{kg wody} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ,
x	– ułamek masowy, $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,
$x_p$	– ułamek masowy nasion o wymiarach większych od oczka sita w przesypaniu, $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,
$x_r$	– ułamek masowy nasion o wymiarach większych od oczka sita w zatrzymaniu, $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,
$x_s$	– ułamek masowy nasion o wymiarach większych od oczka sita w surowcu, $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,
$x_w$	– ułamek masowy zawartości wody, $\text{kg wody} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ,
A	– stała w równaniach,
B	– stała w równaniach,
D	– średnica, m,
H	– wysokość warstwy nasion, m,
$H_1$	– wysokość warstwy wilgotnych nasion, m,
$H_2$	– wysokość warstwy suchych nasion, m,
L	– licznosc, $\text{szt.} \cdot \text{g}^{-1}$ ,
$L_s$	– licznosc nasion suchych, $\text{szt.} \cdot \text{g}^{-1}$ ,

$M$	– masa nasion, kg,
$M_s$	– sucha masa nasion, kg,
$N_n$	– liczba zarodników w preparacie, szt. · g <sup>-1</sup> ,
$N_g$	– zapotrzebowanie mocy do napędu granulatora, kW,
$P$	– ciśnienie, kPa,
$P_p$	– szybkość przesypu przez oczka sita, kg · s <sup>-1</sup> ,
$Q_r(d)$	– suma rozkładu granulometrycznego wielkości ziaren,
$R$	– strumień masowy odprowadzania materiału z sita – zatrzymywanie, kg · s <sup>-1</sup> ,
$S$	– strumień masowy podawania surowca, kg · s <sup>-1</sup> ,
$T$	– temperatura w skali bezwzględnej, K,
$V$	– objętość złoża nasion, m <sup>3</sup> ,
$V_h$	– strumień objętościowy przepływu powietrza, m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> ,
$V_w$	– objętość nasion zanurzonych w wodzie, dm <sup>3</sup> ,
$W$	– masa wody, kg,
$X$	– zawartość wody, kg wody · kg <sup>-1</sup> s.m.,
$X_w$	– zawartość wody, kg wody · kg <sup>-1</sup> s.m.,
$X_s$	– zawartość wody, kg wody · kg <sup>-1</sup> s.m.,
$Y_{nk}$	– przewodność elektrolityczna końcowa dla n-tego stopnia ługowania, mS · cm <sup>-1</sup> ,
$Y_{np}$	– przewodność elektrolityczna początkowa dla n-tego stopnia ługowania, mS · cm <sup>-1</sup> ,
EK	– energia kiełkowania nasion, %,
ZK	– zdolność kiełkowania nasion, %,
WZG	– wskaźnik zasiedlenia nasion grzybami, %,
Re	– liczba kryterialna Reynoldsa (bezwymiarowa),
Nu	– liczba kryterialna Nusselta (bezwymiarowa),
Fo	– liczba kryterialna Fouriera (bezwymiarowa),
$\nu$	– kinematyczny współczynnik lepkości, m <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup> ,
$\alpha_m$	– umowny współczynnik wewnętrznej dyfuzji wody, m <sup>2</sup> · h <sup>-1</sup> ,
$\alpha_v$	– objętościowy współczynnik wnikania ciepła, kJ · (m <sup>3</sup> · h · °C) <sup>-1</sup> ,
$\varepsilon$	– porowatość warstwy nasion (bezwymiarowa),
$\eta_o$	– współczynnik sprawności ogólnej sita, %,
$\eta_p$	– współczynnik sprawności przesiewania sita, %,
$\eta_z$	– współczynnik sprawności zatrzymywania sita, %,
$\Theta$	– czas operacji suszenia, h,
$\varphi$	– czynnik kształtu,
$\psi$	– sferyczność,
$\varphi_w$	– wilgotność względna powietrza, %,
$\Delta$	– różnica,
$\Delta p$	– różnica ciśnień, kPa,
$\Delta t$	– różnica temperatur, °C, K,
$\alpha$	– współczynnik wnikania ciepła, kJ · (m <sup>2</sup> · h · °C) <sup>-1</sup> ,

- $\xi$  – współczynnik oporu przepływu (bezwymiarowy),  
 $\lambda$  – współczynnik przewodzenia ciepła,  $\text{kJ} \cdot (\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ ,  
 $\pi$  – 3,14...,  
 $\rho$  – gęstość,  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  
 $\rho_u$  – gęstość usypowa,  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  
 $\tau$  – czas, s, h,  
 $\tau_w$  – czas zanurzenia nasion w wodzie, h,  
 $\tau_n$  – czas ługowania w n-tym stopniu ługowania, h,  
 $\frac{du}{d\Theta}$  – szybkość suszenia nasion,  $\text{kg H}_2\text{O} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.} \cdot \text{h}^{-1}$ ,  
 $\frac{dt}{d\Theta}$  – szybkość zmian temperatury warstwy nasion,  $^\circ\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$ .

## 1. WPROWADZENIE

Rolnictwo ekologiczne jest preferowanym przez Unię Europejską systemem produkcji żywności i gospodarowania na wsi, w którym wytwarzanie żywności odbywa się metodami naturalnymi z należytą dbałością o czyste i bezpieczne środowisko.

Stopniowo ustaliły się standardy, które odróżniają gospodarstwa ekologiczne od konwencjonalnych:

- 1) w rolnictwie ekologicznym nie stosuje się chemicznych środków ochrony roślin do zwalczania chorób, szkodników i chwastów, wykorzystując w tym celu przede wszystkim płodozmian oraz metody agrotechniczne, np. mechaniczne niszczenie chwastów;
- 2) wymaga się powstrzymania od stosowania chemicznych środków ochrony roślin dla stopniowego polepszania jakości wody spożywanej przez ludzi, zwierzęta i rośliny;
- 3) dla utrzymania prawidłowej struktury i żyzności gleby stosuje się nawozy zielone, zwłaszcza z roślin bobowatych, oraz kompost, obornik i wapnowanie. Wykorzystuje się ponadto maszyny, narzędzia i metody chroniące glebę i poprawiające jej strukturę: płytką orkę i głębokie spulchnianie, aby nie niszczyć naturalnego rozkładu warstwowego mikroorganizmów glebowych;
- 4) dąży się do stworzenia zamkniętego obiegu materii organicznej w gospodarstwie, określanego terminem „zrównoważona produkcja roślinna i zwierzęca”;
- 5) w terenie uprawnym pozostawia się cieki wodne i buduje nowe zbiorniki;
- 6) w miejsce monokultur wielohektarowych wprowadza się uprawy na niewielkich poletkach, oddzielonych od siebie uprawami osłonowymi oraz zadrzewieniami poprawiającymi mikroklimat i dającymi schronienie ptakom i owadom niszczącym szkodniki;
- 7) w odżywianiu zwierząt hodowlanych nie stosuje się antybiotyków i hormonów, a pasza pochodzi z gospodarstw ekologicznych, przeważnie własnych, ponadto zapewnia się warunki chowu zwierząt zgodne z ich potrzebami żywymi;
- 8) w rolnictwie ekologicznym niedozwolone jest stosowanie nasion z roślin modyfikowanych genetycznie – GMO;
- 9) ekologia to także powrót do regionalnych potraw i wyrobów kulinarnych;
- 10) przy doborze gatunków, odmian roślin i ras zwierząt trzeba brać pod uwagę naturalną odporność na choroby, uwzględniając odmiany i rasy lokalne dostosowane zarówno do klimatu, jak i do środowiska, np. górskiego lub nizinnego;
- 11) materiał siewny w produkcji ekologicznej musi pochodzić z ekologicznych plantacji nasiennych.

Ten ostatni warunek narzuca konieczność opracowania technologii przygotowania elitarnego i kwalifikowanego materiału siewnego do wysiewu w gospodarstwach ekologicznych.

Konieczne jest też opracowanie metod obróbki nasion po zbiorze w celu uzyskania wysokich parametrów jakościowych oferowanego ekologicznego materiału siewnego.

Kontrolę nad systemem wytwarzania materiału siewnego w rolnictwie ekologicznym oraz w obrocie handlowym sprawuje państwo i jego wyspecjalizowane agendy.

Różnorodność gatunków i odmian nasion warzyw wymaga zastosowania różnych metod biologicznych i technicznych w celu uzyskania materiału siewnego o wysokiej jakości. Nasiennictwo ekologiczne jest na początku swojej drogi rozwoju i trwają poszukiwania nowych metod ochrony upraw oraz technologii produkcji i obróbki nasion.

## **2. PRZEGLĄD STANU WIEDZY Z ZAKRESU ROLNICTWA EKOLOGICZNEGO**

### **2.1. STAN OBECNY I PERSPEKTYWY ROZWOJU**

Po drugiej wojnie światowej nastąpiła intensyfikacja produkcji rolnej, która spowodowała zwiększenie produkcji i zużycia chemicznych środków ochrony roślin oraz zachwianie równowagi biologicznej w przyrodzie. Zmiany te wpłynęły na spadek liczebności organizmów pożytecznych w uprawach [Dąbrowski 2007, Dąbrowski i in. 2008]. W krajach o wysokim zużyciu syntetycznych środków ochrony roślin pojawiła się populacja szkodników uodpornionych na ich działanie [Olszak i in. 2000]. W związku z tym w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia zrodziła się idea zintegrowanej ochrony roślin, której celem było obniżenie poziomu agrofagów metodami agrotechnicznymi, biologicznymi i chemicznymi [Lipa 1984]. Szkody powstałe wskutek stosowania pestycydów i nawozów sztucznych były powodem wprowadzenia najpierw systemu rolnictwa zrównoważonego, a następnie ekologicznego [Olszak i in. 2000, Joergensen 2004]. Głównym celem obu systemów jest ograniczenie niekorzystnego wpływu chemizacji rolnictwa na środowisko [Wojtaszek 2003, Pruszyński 2006] i przywrócenie równowagi biologicznej w przyrodzie [Wierzbicki 2004], przy zachowaniu jednocześnie wysokiej jakości żywności.

W krajach o wysokiej świadomości ekologicznej liczba gospodarstw ekologicznych dynamicznie wzrasta ze względu na rosnące zapotrzebowania na produkty ekologiczne. Jest to obecnie najbardziej rozwijający się sektor gospodarki żywnościowej w tych krajach [Szymona 2008].

Powierzchnia upraw ekologicznych w skali światowej – łącznie w 130 krajach – przekroczyła 30 mln ha. Największą powierzchnię uprawy te zajmują w Australii – 12,4 mln ha – są to jednak w większości pastwiska. Na drugim miejscu znajduje się Europa z około 8 mln ha, co stanowi około 1,73% całego areалу gruntów rolnych.

W Europie pierwsze miejsce zajmują Włochy – z powierzchnią upraw około 1 mln ha (czyli około 9% użytków rolnych tego kraju).

W Polsce w 1999 r. odnotowano 11 tys. ha upraw ekologicznych, co stanowiło tylko 0,06% areалу, w 2007 r. powierzchnia tych upraw wzrosła do 286 tys. ha, a więc do 1,94% użytków rolnych. Jest to już więcej niż średnia europejska [Kuś 2008].

Nakłady na badania rolnictwa ekologicznego w Polsce do niedawna były niewielkie. Wraz ze wzrostem liczby gospodarstw ekologicznych powinny one się zwiększać i to nie tylko na produkcję rolną i zwierzęcą, ale również na przetwórstwo rolno-spożywcze.

Narastające poważne problemy rolnictwa konwencjonalnego, takie jak BSE, pryszczycza trzody chlewnej, zatrucia gleby i wody pitnej środkami ochrony roślin, choroby pszczoł itp., spowodowały, że zaczęto postrzegać rolnictwo

ekologiczne jako najlepszą drogę rozwoju gospodarowania na wsi. W produkcji stosuje przyjazne dla środowiska praktyki gospodarowania, dające żywność o wysokich walorach odżywczych i smakowych, a przede wszystkim nieskażoną chemicznie.

W porównaniu z rynkiem konwencjonalnym rynek żywności ekologicznej jest jeszcze mały, jednak cały czas rozwija się dynamicznie, a wartość sprzedaży produktów ekologicznych rośnie systematycznie. Sprzedaż ta na świecie w 2006 roku osiągnęła wartość 38,6 mld \$, a w Europie 20 mld \$ [Sahota 2008]. Przytoczone dane wskazują, że największe zainteresowanie produktami ekologicznymi notuje się w Europie. Wynika to też z faktu, że w krajach Unii Europejskiej promuje się produkcję ekologiczną przez dofinansowanie rolnictwa i organizację rynku zbytu.

Liderem na rynku europejskim w 2007 r. były Niemcy z 3,3 mld euro rocznego obrotu. We Francji, Wielkiej Brytanii i Włoszech wartość sprzedaży żywności ekologicznej kształtuje się na poziomie po ok. 1,5 mld euro rocznie. Rynek Belgii, Holandii, Danii, Szwecji, Finlandii i Hiszpanii szacuje się na 200 do 400 mln euro. W pozostałych krajach, w tym w Polsce, handel i produkcja żywności ekologicznej znajdują się w fazie rozwoju. Dynamiczny rozwój rynku żywności nie byłby możliwy bez zmiany sposobu odżywiania, a dzięki rosnącej świadomości społeczeństwa preferuje się coraz częściej spożywanie dużej ilości warzyw i owoców. Nie bez znaczenia dla konsumenta jest ciągle pogarszanie się jakości konwencjonalnych wyrobów spożywczych, np. wędlin, które wymusza konkurencja cenowa. Na rynku obserwuje się coraz niższe ceny wyrobów spożywczych, coraz gorsze produkty w coraz ładniejszym opakowaniu [Vaclavik 2008].

Zauważono, że poziom sprzedaży wyrobów ekologicznych jest ściśle związany z nakładami na badania w sektorze rolnictwa ekologicznego. Tam, gdzie te nakłady są wysokie, sprzedaż jest największa [Szymona 2008].

Na badania i wdrożenia wyników badań przeznaczają się w UE ok. 80 mln euro rocznie, z czego 20 mln wydatków ponoszą Niemcy, 13 mln Holandia, 7 mln Dania i tyle samo Francja, po 6 mln Szwajcaria i Włochy i 3 mln Wielka Brytania. Badania prowadzone są zarówno w państwowych, jak i prywatnych instytucjach [Szymona 2008].

Rolnictwo ekologiczne w Polsce ze stosunkowo czystymi glebami i nieskażonym środowiskiem może z powodzeniem konkurować z rolnictwem ekologicznym krajów wysoko rozwiniętych.

Zgodnie z ustawą o rolnictwie ekologicznym [Dz. U. Nr 93 z 20 kwietnia 2004 r. poz. 879 i 898] na terenach, gdzie powstają gospodarstwa ekologiczne, nie może nastąpić przekroczenie dopuszczalnych stężeń szkodliwych substancji zanieczyszczających glebę, wodę i powietrze.

Powszechnie uważa się, że Polska ma dużą szansę stać się głównym producentem żywności na rynek Unii Europejskiej. Struktura naszego rolnictwa oraz przeludnienie na wsi sprzyja rozwojowi rolnictwa wymagającego dużych nakładów pracy ręcznej [Kuś 2008]. Mimo ochrony własnego rynku przez pro-



ducentów i odbiorców europejskich 80% polskiej produkcji ekologicznej eksportuje się do krajów Unii Europejskiej, głównie do Niemiec i krajów skandynawskich. Zasady rolnictwa ekologicznego w krajach Unii zostały przedstawione w Rozporządzeniu Rady Ministrów Wspólnoty Europejskiej nr 2092/91 z 1991 r., które reguluje funkcjonowanie rynku żywności ekologicznej, jego kontrolę i znaki towarowe. Na tej podstawie wydawane są zezwolenia przez uprawnione jednostki certyfikujące na posługiwanie się znakiem żywności ekologicznej [Ustawa o rolnictwie ekologicznym Dz.U. Nr 93 z 2001 r.].

Polskie rolnictwo charakteryzuje się dużym rozdrobnieniem i zróżnicowaniem wielkości gospodarstw. Duże gospodarstwa konwencjonalne mogą sprostać konkurencji europejskiej. Problem jest z gospodarstwami małymi, które muszą poszukiwać dodatkowych źródeł dochodu lub alternatywnych kierunków produkcji rolnej i sadowniczej, energetycznej, agroturystycznej lub ekologicznej [Kuś 2008].

Zainteresowanie rolnictwem ekologicznym w Polsce jest różne w różnych rejonach kraju. W województwach: małopolskim, podkarpackim, lubelskim i świętokrzyskim w 2006 r. było w sumie 4490 atestowanych gospodarstw ekologicznych, co stanowi 50% ich ogólnej liczby w Polsce [Kuś 2008]. Są to regiony o dużym rozdrobnieniu gospodarstw i nadmiarze rąk do pracy na wsi. Średnia wielkość gospodarstwa ekologicznego w kraju wynosi ok. 25 ha – od 10 ha w Małopolsce do 50 ha w zachodniopomorskim. Większe obszary gospodarstwa dominują w Polsce zachodniej. Grunty orne w gospodarstwach ekologicznych stanowiły 47%, a użytki zielone 40%. Zaskakująco wysoki był udział sadów – ok. 12% arealu. Rośliny pastewne zajmowały 52% ekologicznych gruntów ornych, zaś ich udział w strukturze zasiewów w kraju wynosił średnio 20%. Ilość zwierząt w gospodarstwach ekologicznych była zbliżona do średniej krajowej [Kuś 2008].

Warzywa w 2006 r. uprawiano na powierzchni 2,7 tys. ha, a ich udział w strukturze zasiewów wynosił ok. 3% i był dwukrotnie większy niż średnia krajowa dla rolnictwa konwencjonalnego [Kuś 2008]. Młode matki w miastach poszukują warzyw ekologicznych dla małych dzieci.

## **2.2. EKOLOGICZNE ŚRODKI OCHRONY ROŚLIN**

W uprawach ekologicznych, podobnie jak i w konwencjonalnych, próbuje się zwalczać choroby i szkodniki roślin za pomocą środków ochrony roślin. Wykaz substancji aktywnych dopuszczonych do stosowania w rolnictwie ekologicznym na terenie Unii Europejskiej zestawiono w tabeli 2.1. Środki ochrony roślin dopuszczone do stosowania w rolnictwie ekologicznym są wydzieloną grupą ze środków ochrony roślin.

Tabela 2.1. Substancje biologiczne oraz mikroorganizmy dopuszczone do stosowania w środkach ochrony roślin w rolnictwie ekologicznym wg E. Matyjaszczyk [2008b]

Lp.	Nazwa substancji aktywnej	Opis
1	Azadirachtyna z miodli indyjskiej	Środek owadobójczy
2	Wosk pszczeleli	Maść ogrodnicza
3	Żelatyna	Środek owadobójczy
4	Hydrolizat białkowy	Atraktant
5	Lecytyna	Środek owadobójczy
6	Wyciąg z <i>Nicotiana tabacum</i>	Środek owadobójczy
7	Olejki roślinne	Środek owadobójczy, roztoczobójczy, grzybobójczy oraz blokujący kiełkowanie
8	Pyretryny ekstrahowane z <i>Chrysanthemum cinerariae folium</i>	Środek owadobójczy
9	Ekstrakt z gorzkiej właściwej	Środek owadobójczy
10	Rotenon ekstrahowany z <i>Derri</i> spp., <i>Lanchocarpus</i> spp. i <i>Tephrosia</i> spp.	Środek owadobójczy
11	Mikroorganizmy (bakterie, wirusy, grzyby)	Wyłącznie produkty niemodyfikowane genetycznie
12	Spinosad	Insektycyd

W rolnictwie ekologicznym wykorzystuje się głównie niechemiczne metody ochrony, a listę specyfików zakwalifikowanych do stosowania, wg stanu na dzień 15.06.2008 r., przedstawiono w tabeli 2.2.

Środki dopuszczone do stosowania w rolnictwie ekologicznym nie rozwiązują wszystkich problemów ochrony upraw ekologicznych [Matyjaszczyk 2008a], a na domiar tego lista dopuszczonych środków (tab. 2.2) została znacznie ograniczona [Matyjaszczyk 2008c]. Poważnym problemem w ekologicznej produkcji warzyw jest niewielka liczba ekologicznych środków ochrony oraz odmian roślin odpornych na choroby i szkodniki [Pruszyński 2006, 2008, Dąbrowski i in. 2008]. Dodatkowym utrudnieniem jest wycofywanie z obrotu ze względów formalnych 17 środków (brak wpisu substancji aktywnych do wykazu – tabela 2.1). Pozostanie do stosowania tylko 15 środków.

Są to przede wszystkim biostymulatory, które co prawda nie działają na organizmy szkodliwe, ale powodują wytwarzanie w roślinie odporności, głównie w okresie jej wzrostu. Najpopularniejszym jest chitosan znany pod różnymi nazwami handlowymi. Zalecany jest do zaprawiania nasion, opryskiwania i podlewania roślin [Pruszyński 2008].

Zwalczanie szkodników i patogenów w rolnictwie ekologicznym jest trudne, dlatego nieustannie poszukuje się nowych metod ochrony roślin i nasion.

Do grzybobójczych środków biologicznych badanych w celu ich zastosowania w ekologicznej ochronie upraw warzywnych zalicza się grzyby: *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, *Gliocladium vivens*, bakterie: *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Enterobacter cloacae* [Fiedler i Sosnowska 2008].

Tabela 2.2. Środki ochrony roślin zakwalifikowane do stosowania w rolnictwie ekologicznym wg E. Matyjaszczyk [2008b], stan na dzień 15.06.2008 r.

Lp.	Nazwa	Producent	Zezwolenie
1	2	3	4
1	Antifung 20SL	HOSI International Sp. z o.o.	316/1998
2	Biochikol 020PC	Gumitex Poli-Farm Sp. z o.o.	1/2007
3	Biochikol KAL	Gumitex Poli-Farm Sp. z o.o.	1852004
4	Biochikol WAL	Gumitex Poli-Farm Sp. z o.o.	4/2004
5	Biochron AL	PPH Ekodarpol	31/2004
6	Bioczoz BR	PPH Himal	662/2000
7	Biosept 33SL	Cintamani Poland	31/2006
8	Carpovirusine super SC	Natural Plant Protection	12/2006
9	Constans	Prophyta Biologischer Pflanzenschutz GmbH	29/2000
10	Cuproflow 375 S.C.	Isagro	25/2004
11	Cuproxat 345 SC	Nufarm GmbH	522/1999
12	Grevit 200SI	Avis Naturall Polska Sp. z o.o.	13/2003
13	Funguran OH50WP	Spiess Urania Chemicals GmbH	21/2008
14	Madex SC	Andermatt Biocontrol AG	3/2005
15	Miedzian 50WG	Zakłady Chemiczne Organika Azot S.A.	362/1998
16	Miedzian 50WP	Zakłady Chemiczne Organika Azot S.A.	178/1997
17	Miedzian extra 50SC	Zakłady Chemiczne Organika Azot S.A.	233/1997
18	Nordox 75WG	Nordox Zindustrier A.S.	11/2004
19	Para Sommer 75EC	Stachler Internacional GmbH	395/1998
20	Paroil 95EC	Avenarius Agro GmbH	555/1999
21	Polyversum	Biopreparaty Sp. z o.o.	12/2000
22	Pref-am 060SL	Citrus Oil Products	19/2005
23	Promanal 60EC	Neudorff GmbH	330/1998
24	Repentol 6PA	S.P. Chemia w Oleśnie	651/1999
25	Sawonil – super AL.	Biopton S.C.	576/1999
26	Siarkol extra 80WP	Zakłady Chemiczne Organika Sarzyna S.A.	18/2007
27	Sincocin AL	AgSci Ltd.	3401998
28	Spinor 240SC	Dow AgroSciences Polska Sp. z o.o.	7/2007
29	Tiotar 800SC	Zakłady Chemiczne Siarkopol w Tarnobrzegu Sp. z o.o.	690/2000
30	Treol 770EC	Agropak Sp.J.	53/2005
31	Zaprawa ziołowa PNOS-1 LS	PNOS w Ożarowie Maz.	794/2000
32	Zaprawa ziołowa PNOS-2 LS	PNOS w Ożarowie Maz.	795/2000

## **2.3. ZAGROŻENIA POWODOWANE PRZEZ ROLNICTWO EKOLOGICZNE I METODY PRZECIWDZIAŁANIA TYM ZAGROŻENIOM**

### **2.3.1. ZAKAŻENIA GRZYBOWE ROŚLIN I ICH ZWALCZANIE**

Poważnym problemem jest jakość nasion z nasiennych plantacji ekologicznych, które w dużym stopniu są porażone patogenami i stanowią zagrożenie dla produkcji warzyw. Według Łabanowskiej-Bury i White'a [2008] charakteryzują się one słabym wigorem i niską zdolnością kiełkowania, co eliminuje większość nasion z produkcji warzyw na dużą skalę. Zgorzel siewek, której sprawcami mogą być grzyby z rodzaju *Fusarium*, *Alternaria*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, jest przenoszona przez nasiona. Zapobieganie rozprzestrzenianiu się zgorzeli siewek można osiągnąć przez termiczne odkażanie nasion, podłoża i sprzętów [Domoradzki i Korpala 2002b].

Problem zdrowotności roślin pojawia się już przy wysiewaniu nasion, gdyż mogą one przenosić wiele chorób, zwłaszcza grzybowych. Materiał siewny musi pochodzić z plantacji ekologicznych, może więc to oznaczać, że z niechronionych chemicznie roślin uzyskuje się nasiona o niższej zdrowotności niż w rolnictwie konwencjonalnym. Nasiona ekologiczne o niskim poziomie ochrony przed grzybami mogą spowodować obniżenie plonów roślin [Sadowski i in. 2006b].

### **2.3.2. ZAGROŻENIA DLA ZDROWOTNOŚCI LUDZI**

Infekcje grzybowe roślin przenoszą się na produkty rolnicze i mogą przyczyniać się do zatrucia ludzi i zwierząt metabolitami wytwarzanymi przez patogeny. Jest to poważny problem, także naukowy, badany od lat [Korbas i Horoszkiewicz-Janka 2008].

Zatrucia mikotoksynami diagnozowano już od bardzo dawna. Ich skutki często były tragiczne. Spożycie przez wygłodniałych zesłańców, podczas drugiej wojny światowej, porośniętego ziarna z mikotoksynami przechowywanego w kopcach w Kazachstanie kończyło się często śmiercią. Również pod koniec XX w. zanotowano przypadki zatrucia mikotoksynami – np. zatrucie dzieci makaronem w Malezji w 1988 r. [Pittet 2005].

Aflatoksyny zawarte w paszy były przyczyną pomoru indyków w Anglii oraz zachorowań kaczek i pstrągów [Gajewski 2006]. Istnieje potencjalne niebezpieczeństwo zatrucia żywnością pochodzącą z produkcji ekologicznej. Wzrost zagrożenia związany jest z obowiązkiem wysiewu nasion ekologicznych, które nie zawsze mogą być wystarczająco odkażone, co stwarza możliwość rozwoju patogenów wytwarzających mikotoksyny, np. *Fusarium*. Do najgroźniejszych toksyn należą: aflatoksyna B<sub>1</sub>, ochratoksyna A, detoksyniwalenol, zearalenon i fumonizyna B<sub>1</sub>. Największym problemem są mikotoksyny rozwijające się na wilgotnych ziarnach kukurydzy, pszenicy, orzeszkach ziemnych, świeżych owocach i warzywach [Korbas i Horoszkiewicz-Janka 2008].

Podstawowym zabiegiem zapobiegającym porażeniu grzybami jest szybkie suszenie nasion po zbiorze w gospodarstwach ekologicznych w prostych i ta-

nich suszarniach [Domoradzki i Korpala 2002a]. Przechowywanie ziarna i nasion w odpowiednich warunkach, to jest w niskiej wilgotności nasion (poniżej 8%) i niskiej temperaturze (poniżej 15°C), oraz intensywne wietrzenie suchym powietrzem silosów lub magazynów w celu usunięcia wilgoci pozwala na długie i bezpieczne przechowywanie nasion bez ryzyka zakażeń mikotoksynami [Ryniecki i Szymański 1999].

### 2.3.3. BIOLOGICZNE METODY ZWALCZANIA GRZYBÓW

Rozwój metod biologicznych jest przyszłością ochrony roślin w gospodarstwach nie tylko ekologicznych. Metody biologiczne polegają na wykorzystaniu wirusów oraz mikro- i makroorganizmów do zwalczania szkodników roślin, patogenów i chwastów [Fiedler i Sosnowska 2008].

Do zwalczania grzybów patogenicznych stosuje się metodę eliminacji, zaszczipiając na nasionach grzyby pożyteczne, takie jak: *Trichoderma viride* [Sadowski i in. 2004, 2005, 2008], *Trichoderma harzianum* [Taylor i in. 1994], *Phytium oligandrum* [Lutchmeah i Cooke 1985], *Gliocladium vivens* [Bennett 1998], których działanie opiera się na zasadzie eliminacji. Obróbka biologiczna z wykorzystaniem grzybów pożytecznych wykazuje jak dotychczas węższy zakres działania niż obróbka chemiczna. Wymienione grzyby mają jednak zdolność do zasiedlania korzeni, wpływając na poprawę zdrowotności roślin w okresie wzrostu, a tym samym na ich ochronę w dłuższym czasie. Preparaty biologiczne powinny być bezpieczne dla ludzi i środowiska oraz charakteryzować się brakiem fitotoksyczności.

Preparaty i ekstrakty naturalne dopuszczone do zaprawiania nasion w rolnictwie ekologicznym zestawiono w tabelach 2.1 i 2.2.

Wykorzystanie grzybów w ochronie biologicznej polega na dokładnym nanieśieniu preparatów ekologicznych na zwilżone klejem nasiona. Powinno być ono rutynową operacją stosowaną powszechnie na plantacjach nasiennych i wymaga natychmiastowego wysiewu nasion lub niezwłocznego ich wysuszenia.

Do otoczkowania nasion na plantacje ekologiczne dla ochrony przed grzybami patogenicznymi zastosowano grzyby *Trichoderma viride* wprowadzone do materiału otoczki [Korpala i in. 2004].

W ochronie roślin ekologicznych coraz większego znaczenia nabiera stosowanie bakterii [Yohalem 2003].

### 2.3.4. BIOLOGICZNE METODY ZWALCZANIA OWADÓW

Biologiczne zwalczanie owadów polega na trwałym osiedlaniu organizmów antagonistycznych, ochronie organizmów pożytecznych i na okresowym wprowadzaniu agrofaga w uprawach, w których on nie występuje [Kochman i Węgorzek 1997].

Coraz częściej w uprawach rolniczych tworzy się środowiska zwane refugiami, gdzie obok uprawy głównej wysiewa się rośliny dające duże ilości nektaru i pyłku, stanowiące bogate źródło pokarmu dla pożytecznych owadów.

Do najważniejszych owadów pożytecznych należą biedronki, złotooki, drapieżne muchówki, roztocza i pająki [Fiedler i Sosnowska 2008].

W ochronie roślin wykorzystuje się w chwili obecnej dwa bakulowirusy do zwalczania owocówki jabłkóweczki i śliwkóweczki w uprawach sadowniczych oraz trzy rodziny bakterii: *Bacillaceae*, *Enterobacteriaceae* i *Pseudomonadaceae*. Bakterie zwalczają larwy, pędraki, gąsienice i dorosłe owady, są więc insektycydami. Ilość preparatów opartych na działaniu bakterii systematycznie się zwiększa. W 2007 roku było zarejestrowanych w Polsce 16 preparatów bakteryjnych [Lipa 2007].

Dostępnych jest także kilkanaście biopreparatów zawierających nicienie owadobójcze. Biopreparaty te nie wymagają rejestracji na polskim rynku. Zidentyfikowano 23 rodziny nicieni będących pasożytami owadów. Najczęściej wykorzystuje się nicienie z rodzin *Heterorhabditidae* i *Steinernematodae*. Preparaty nicieniowe można używać do podlewania i oprysków [Chojnacki 2008].

Znanych jest około 1200 gatunków grzybów owadobójczych; do zwalczania owadów stosuje się obecnie 15 z nich [Fiedler i Sosnowska 2008]. W Polsce zarejestrowano jeden mikoinsektycyd o nazwie Preferal i siedem mikofungicydów do zwalczania chorób w uprawach rolniczych.

### **2.3.5. ZWALCZANIE ZACHWASZCZENIA W UPRAWACH**

Podstawowym zabiegiem w ekologicznej uprawie roślin jest mechaniczne zwalczanie chwastów. Metody mechaniczne są odkrywane na nowo i nazywane często „powrotem do przeszłości”. Sukcesy w tej dziedzinie ma Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu, który opracowuje zestawy wielofunkcyjnych narzędzi uprawowo-pielęgnacyjnych i pielników mechanicznych [Zbytek i Talarczyk 2007a, b, 2008]. Chwasty w uprawach ekologicznych zwalczą się również metodami agrotechnicznymi, m.in. przez zagęszczenie ładu, współrzedną uprawę roślin, ściółkowanie, a także przez wykorzystanie roślin okrywowych, folii i włóknin czarnych. To zagadnienie obszernie przedstawił Adamczewski i Dobrzański [2008].

### **2.3.6. FIZYCZNE METODY OCHRONY ROŚLIN STOSOWANE W NASIENICTWIE EKOLOGICZNYM**

Szkodniki, w tym śmietkę, zwalczą się za pomocą siatek ochronnych. Jest to metoda droga i uciążliwa. Innym, nowatorskim sposobem niszczenia szkodników i ochrony nasion jest przechowywanie ich w magazynach w warunkach podciśnienia [Domoradzki – niepublikowane badania własne].

Przy produkcji warzyw w systemie ekologicznym do zwalczania zakażeń nasion patogenami z gleby wykonuje się zabieg zwany otoczkowaniem, który przez kilka dni po wysianiu chroni nasiona kielkujące wewnątrz otoczki [Domoradzki i in. 2000a, 2001, 2005a, Domoradzki i Korpala 2001a, b, Domoradzki i Holcman 2004].

Lergo [2004] uznaje, że otoczkowanie nasion jest w systemie ekologicznym niezbędną metodą zapewniającą osiągnięcie odpowiedniego plonu. Do wnętrza otoczek można ewentualnie dodawać preparaty ekologiczne i mikroorganizmy pożyteczne. Badania nad tymi sposobami powinny się dalej rozwijać w kierunku stworzenia wewnątrz otoczki najbardziej sprzyjających warunków do kiełkowania nasion [Domoradzki i Korpala 2005b, 2007, 2008].

### 2.3.7. HODOWLA ODMIAN ROŚLIN ODPORNÝCH NA ZAKAŻENIA

Witek i Chmielowiec [2004] potwierdzają możliwości produkcji w Polsce nasion warzyw dla rolnictwa ekologicznego w oparciu o istniejące odmiany. Autorzy widzą jednak konieczność powrotu do prac hodowlanych w celu podniesienia odporności warzyw na choroby w okresie wegetacji.

W aspekcie fitopatologicznym niezrozumiałym jest zapis w „Ustawie o rolnictwie ekologicznym”, że materiał siewny musi pochodzić wyłącznie z produkcji w gospodarstwach ekologicznych [Sadowski i in. 2008]. Gospodarstwa ekologiczne nie są przystosowane do produkcji nasion siewnych, ponieważ rolnicy nie mają odpowiedniej wiedzy i wyposażenia umożliwiającego pozyskanie czystego mikrobiologicznie materiału siewnego.

Nasiona dla plantacji ekologicznych powinny być mikrobiologicznie czyste i genetycznie odporne na zakażenia i owady. Od odmian przeznaczonych do upraw ekologicznych wymaga się zwiększonej odporności na choroby i niesprzyjające warunki meteorologiczne. Konieczne jest nie tylko prowadzenie badań nad sposobem dostosowania tradycyjnych odmian warzyw do warunków gospodarstw ekologicznych, ale także opracowanie nowych odpornych odmian specjalnie dla potrzeb rolnictwa ekologicznego. Trzeba na to wielu lat pracy hodowców i genetyków oraz środków na finansowanie badań [Grzesik 2004b].

Niezrozumiałe jest niedopuszczenie do odkażania nasion, sprzętów i narzędzi niektórymi nieorganicznymi środkami chemicznymi. Chodzi o substancje stosowane w rolnictwie konwencjonalnym, głównie do usuwania z nasion wirusów i bakterii, np.: podchloryn sodowy i wapniowy, dwutlenek chloru (używane również do odkażania wody pitnej), kwasy: solny i siarkowy, a także środki silnie utleniające – kwasy: nadtlenosiarkowy, nadtlenooctowy i ich sole oraz nadtlenki alkaliczne, np. nadtlenek wapnia. Po wymyciu resztek tych substancji – po zakończeniu obróbki przedsiewnej – uzyskuje się nasiona czyste chemicznie, mikrobiologicznie i ekologicznie. Utylizacja powstałych ścieków przebiega z bardzo wysoką skutecznością, nie zanieczyszczają one wody i dają w efekcie końcowym substancje powszechnie występujące w środowisku naturalnym.

Chemiczne organiczne środki ochrony roślin są natomiast bardzo trudne do utylizacji i nie dają się usuwać z wody, powodując zatrucia roślin, zwierząt, a przede wszystkim ludzi i w związku z tym uzasadniony jest zakaz ich stosowania w rolnictwie [Gnusowski i Nowacka 2008].

Nieorganiczne dezynfekcyjne związki chemiczne mogłyby być alternatywą dla preparatów ekologicznych.

### 3. OPERACJE I PROCESY W OBRÓBCE NASION

Technologie: przygotowania nasion do siewu, pozbiorowej obróbki nasion oraz przygotowania nasion do długotrwałego przechowywania są częścią nauki stosowanej, zajmującej się metodami obróbki nasion w procesach zachodzących z udziałem przemian fizycznych, fizykochemicznych, chemicznych i biochemicznych oraz biologicznych.

W technologii obróbki nasion wykorzystuje się w praktyce przemiany zachodzące na powierzchni i we wnętrzu nasion pod wpływem czynników zewnętrznych i wewnętrznych oraz przemiany dokonujące się podczas kiełkowania w zmiennych warunkach środowiskowych [Khan 1992].

Opracowanie metod technologicznych polega na ustaleniu kolejności czynności jednostkowych, czyli operacji i procesów jednostkowych składających się na ciąg technologiczny oraz optymalnych parametrów pracy urządzeń. Systematyka procesów i operacji jednostkowych jest w zasadzie ustalona przez inne nauki i dla większości przypadków znane są dość dobrze podstawy teoretyczne i metody obliczeń zarówno przebiegu zjawisk, jak i doboru urządzeń. Ważniejsze operacje jednostkowe występujące w technologii obróbki nasion zestawiono w tabeli 3.1 [Domoradzki 2005].

#### 3.1. OPERACJE I PROCESY JEDNOSTKOWE STOSOWANE W NASIENICTWIE

##### Operacje jednostkowe

Operacje jednostkowe w uszlachetnianiu nasion to czynności fizyczne (niefizjologiczne) wykonywane w jednym przejściu, których poznaniem i projektowaniem zajmuje się inżynieria rolnicza, a także częściowo fizyka techniczna i rolnicza (agrofizyka). Ostatecznym efektem pracy inżynierii rolniczej są maszyny i urządzenia.

##### Procesy jednostkowe

Procesy jednostkowe są kolejno następującymi po sobie zmianami materii o charakterze chemicznym, biologicznym:

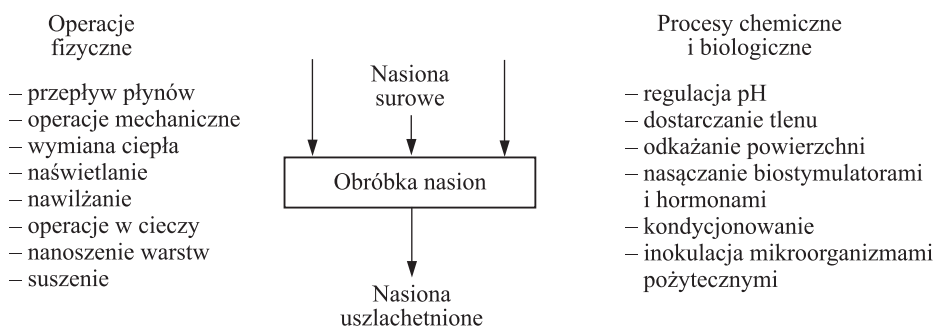
- procesy jednostkowe chemiczne (niefizjologiczne) w technologii nasiennej to reakcje chemiczne przebiegające głównie na powierzchni nasion oraz w roztworze, w którym obrabiane są nasiona, np. przy odkażaniu; badaniem tych procesów zajmują się: chemia, chemia fizyczna i biochemia fizyczna,
- procesy jednostkowe biologiczne (fizjologiczne) w technologii nasiennej to reakcje biologiczne przebiegające na powierzchni nasion i w nasionach, których mechanizm jest związany z procesami przygotowawczymi do pobudzenia życia i procesami życiowymi. Mogą być one wspomagane z zewnątrz. Badaniem tych procesów zajmują się: fizjologia roślin, biologia, biochemia.



Tabela 3.1. Ważniejsze operacje jednostkowe w technologii nasiennej [Domoradzki 2005]

Operacje dynamiczne	Wymiana ciepła i energii	Wymiana masy
<p><b>Przepływ płynów:</b>                      klasyfikacja w powietrzu                      – wywiewanie                      – rozdział gęstościowy                      klasyfikacja w cieczy                      – spławianie                      – flotacja                      – sedimentacja                      – rozdział gęstościowy w cieczy</p> <p><b>Operacje mechaniczne:</b>                      – czyszczenie                      – skaryfikacja                      – rozdrabnianie                      – omlot                      – ocieranie                      – szlifowanie</p> <p><b>Przestewanie:</b>                      – czyszczenie od zanieczyszczeń                      – kalibracja nasion</p> <p><b>Mieszanie</b>  <b>Dozowanie</b>  <b>Filtracja</b>  <b>Fluidyzacja</b></p>	<p><b>Ogrzewanie</b>  <b>Ogrzewanie konwekcyjne</b>  <b>Ogrzewanie mikrofalowe lub indukcyjne</b>  <b>Chłodzenie</b>  <b>Naświetlanie:</b>                      promieniami UV                      – światłem słonecznym                      – światłem sztucznym o długości fal:                      o 660 nm                      o 740 nm</p>	<p><b>Nawilżanie:</b>                      – parą wodną                      – wodą – rozpylanie                      – w roztworach osmotycznych                      – na adsorbentach stałych                      – nawilżanie w otoczkach</p> <p><b>Nasywanie:</b>                      – roztworami wodnymi                      – gazami (etylen)</p> <p><b>Ługowanie:</b>                      – mycie od zanieczyszczeń                      – wymywanie inhibitorów</p> <p><b>Taśmowanie</b>  <b>Nanoszenie warstw:</b>                      – zaprawianie                      – pokrywanie „filmem”                      – powlekanie                      – otoczkowanie                      – granulacja</p> <p><b>Suszenie:</b>                      – powietrzem                      – osmotyczne                      – próżniowe</p> <p><b>Osmoza</b>                      – sole nieorganiczne                      – substancje organiczne, w tym PEG</p> <p><b>Adsorpcja</b> – matryce</p>

Efektem pracy w technologii nasiennej jest poprawa jakości nasion i plonów.



Rys. 3.1. Zestawienie operacji i procesów uszlachetniania nasion [Domoradzki 2005]

W wielu przypadkach granica podziału między operacjami a procesami jednostkowymi nie jest wyraźna, a nawet sztuczna, jak to często się zdarza przy systematyzowaniu zjawisk złożonych. Propozycja podziału jest w dość dużym stopniu arbitralna. Procesy i operacje mogą być realizowane w sposób okresowy lub ciągły, a z uwagi na charakter przepływu i występujący układ dwufazowy – współprądowo, ze stopniowym dodawaniem reagentów lub przeciwprądowo.

W praktyce istnieje wiele sposobów realizacji każdego procesu jednostkowego. Przy wyborze sposobu należy brać pod uwagę koszty, prostotę (łatwość) wykonania i uzyskiwane efekty, nie zapominając o uwarunkowaniach związanych z ochroną środowiska rolniczego.

W tabeli 3.2 przedstawiono praktyczny podział operacji i procesów jednostkowych omówionych szeroko w literaturze [Khan 1992, Parera i Cantliffe 1995, Domoradzki 2005].

W tabeli 3.3 przedstawiono najczęściej stosowane operacje i procesy jednostkowe – zarówno chemiczne (niefizjologiczne), jak i biologiczne (fizjologiczne) [Domoradzki 2005a].

W ostatnich latach nastąpił wzrost zainteresowania łączeniem różnych niefizjologicznych i fizjologicznych metod obróbki nasion dla uzyskania poprawy ich jakości i zdolności kiełkowania (tab. 3.2). Wynika to z połączenia technologii i jest coraz częściej stosowane na skalę laboratoryjną w pracach hodowlanych oraz stopniowo wprowadzane do przemysłu [Domoradzki 2005].

Tabela 3.2. Operacje i procesy jednostkowe w technologii nasiennej [Domoradzki 2005]

Nazwa czynności	Operacja główna	Operacje towarzyszące	Procesy towarzyszące
<b>Pobudzenie</b>	<b>Nawilżanie</b>		
Krótkie moczenie	potencjał wodny 0 MPa	mycie nasion	
Hartowanie – krótkie moczenie i suszenie	potencjał wodny 0 MPa	ługowanie inhibitorów	podkielkowanie
Długie moczenie z napowietrzaniem	potencjał wodny 0 MPa	ługowanie inhibitorów	podkielkowanie
Bardzo długie moczenie z ABA	potencjał wodny 0 MPa	ługowanie inhibitorów	podkielkowanie
Kielkowanie w wodzie z napowietrzaniem	potencjał wodny 0 MPa	ługowanie inhibitorów	kielkowanie
<b>Kondycjonowanie Precyzyjne nawilżanie</b>	<b>Nawilżanie</b>		
– wilgotnym powietrzem	potencjał wodny <-0,8 -1,6> MPa temperatura 15-20°C	adsorpcja	podkielkowanie
– parą wodną	potencjał wodny <-0,8 -1,6> MPa temperatura 15-25°C	adsorpcja	podkielkowanie
– przez rozpylanie wody	potencjał wodny <-0,8 -1,6> MPa temperatura 15-20°C	częściowa blokada osmotyczna	podkielkowanie
Moczenie na czas, kinetyka wchłaniania wody w nasiona	potencjał wodny <-0,8 -1,6> MPa temperatura 15-20°C	mycie nasion	podkielkowanie
Nawilżanie otoczek	potencjał wodny <-0,8 -1,6> MPa temperatura 10-20°C	adsorpcja	podkielkowanie

cd. tabeli 3.2

<b>Podkielkowanie</b>	<b>Nawilżanie</b>	<b>Operacje towarzyszące</b>	<b>Procesy towarzyszące</b>
Kondycjonowanie osmotyczne	potencjał wodny <-0,8 -1,6> MPa temperatura 10-25°C	osmoza ługowanie inhibitorów	podkielkowanie
Kondycjonowanie matrycowe	potencjał wodny >-0,8 MPa temperatura 10-20°C	adsorpcja	podkielkowanie
Stratyfikacja	potencjał wodny <-0,5 MPa temperatura 1-10°C	chłodzenie	podkielkowanie
Szok termiczny	potencjał wodny <-0,5 MPa temperatura 25-45°C lub 5-20°C	chłodzenie	pobudzenie kielków
Nasączenie nasion solami i regulatorami wzrostu	potencjał wodny 0 MPa	nawilżanie	pobudzenie kielkowania
Skaryfikacja chemiczna		perforacja powłoki nasiennej	chemiczne trawienie i hydroliza materiału powłoki nasiennej
	<b>Procesy mechaniczne</b>	<b>Procesy mechaniczne</b>	
Skaryfikacja mechaniczna	ścieranie	perforacja powłoki	

Tabela 3.3. Ważniejsze procesy jednostkowe w technologii nasiennej [Khan 1992]

Procesy chemiczne (niefizjologiczne)	Procesy biologiczne (fizjologiczne)
<b>Zobojętnianie i regulacja pH</b> <b>Dotlenianie przez rozkład:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– nadtlenków metali (Ca, Zn, Mg)</li> <li>– wody utlenionej</li> </ul> <b>Trawienie chemiczne powierzchni nasion:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– hydroliza na powierzchni (kwasy i zasady)</li> <li>– utlenianie powierzchni: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ podchloryn sodu i wapnia</li> <li>○ kwas nadoctowy</li> <li>○ <math>\text{KMnO}_4</math></li> </ul> </li> </ul> <b>Odkazanie chemiczne dla usunięcia:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– wirusów</li> <li>– bakterii</li> <li>– grzybów</li> </ul> <b>Zaprawianie nasion:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>\text{KNO}_3</math></li> <li>– mikroelementami</li> <li>– chemicznymi środkami ochrony roślin</li> </ul>	<b>Dotlenianie:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– powietrzem</li> <li>– tlenem rozpuszczonym w wodzie</li> <li>– wodą utlenioną</li> </ul> <b>Nasączenie:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– solami nieorganicznymi</li> <li>– hormonami</li> <li>– witaminami</li> <li>– enzymami</li> </ul> <b>Podkielkowanie z nawilżaniem:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– hydroliza inhibitorów</li> <li>– naprawa błon komórkowych</li> <li>– wydzielanie hormonów</li> <li>– wydzielanie enzymów</li> <li>– wydłużanie korzenia zarodkowego</li> <li>– uruchomienie podziału komórkowego</li> </ul> <b>Dodawanie mikroorganizmów do nasion:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– grzyby pożyteczne</li> <li>– bakterie pożyteczne</li> </ul>

Przeszkodą w powszechnym wykorzystywaniu nowych technologii nasiennych jest brak odpowiedniej aparatury umożliwiającej uzyskanie stosownych parametrów pracy o wymaganej wydajności, z której można by utworzyć linię technologiczną [Domoradzki 2005]. Celowym jest projektowanie, budowanie i eksperymentalna weryfikacja aparatów i urządzeń do technologii przed-siewnej obróbki nasion.

### 3.2. OPERACJE I PROCESY JEDNOSTKOWE PRZYDATNE W NASIENICTWIE EKOLOGICZNYM

Brak jest opracowań teoretycznych pozwalających na kompleksowe rozwiązywanie zagadnień technicznych przygotowania nasion ekologicznych do siewu. Z przedstawionych operacji i procesów jednostkowych w ekologicznej technologii nasiennej mogą znaleźć zastosowanie następujące:

- zbiór i czyszczenie nasion,
- suszenie nasion,
- szlifowanie nasion – odkazanie mechaniczne,
- kalibracja,
- płukanie i ługowanie,
- rozdział hydrostatyczny,

- podkiełkowanie,
- odkażanie termiczne,
- ochrona nasion mikroorganizmami pożytecznymi i zaprawami ekologicznymi,
- otoczkowanie.

### 3.2.1. ZBIÓR I CZYSZCZENIE NASION

W literaturze polskiej technologii zbioru nasion i maszyny zbierające zostały przedstawione i opisane przez Orzechowskiego i Tomaszewskiego [1993], a prowadzenie plantacji nasiennych i terminy zbiorów opisała Michalik [2004]. Technologie czyszczenia i maszyny czyszczące przedstawiono w pracy Grochowicza [1994] i obszernym podręczniku pod tytułem „Nasiennictwo” pod redakcją Duczmala i Tucholskiej [2000].

Zbiór nasion roślin baldaszkowatych: marchwi, pietruszki, kopru i selera przeprowadza się ręcznie lub maszynowo. Zbiór maszynowy nasion jest utrudniony z uwagi na nierównomierne ich dojrzewanie. Baldachy kwitną w różnych terminach i w związku z tym różne są terminy dojrzewania nasion. Różnica w stosunku do baldacha głównego wynosi: dla baldacha I rzędu ok. 10 dni, dla baldacha II rzędu ok. 20 dni i dla baldacha III rzędu ok. 30 dni, zatem ustalenie optymalnego terminu zbioru jest utrudnione. Opóźnienie zbioru powoduje znaczne straty ze względu na osypywanie, a przy zbyt wczesnym zbiorze nasiona mają niską zdolność kiełkowania [Michalik 2004].

Zbiór nasion roślin baldaszkowatych przeprowadza się przeważnie wieloetapowo. Praktycznie dokonuje się go wówczas, gdy baldachy II rzędu brunatnieją i zwijają się. Rośliny kosi się żniwiarką na pokosy, a po kilku dniach można przystąpić do zbierania pokosów lub kopek za pomocą kombajnu. Jeśli rośliny po zbiorze były ustawione w kopki, przewraca się snopki na plandeki i wrzuca widłami do przenośnika kombajnu. Straty nasion podczas zbioru wieloetapowego wynoszą od 15 do 20% [Duczmał i Tucholska 2000].

Zbiór jednoetapowy jest możliwy po desykcji łanu. Po około 5 dniach nasiona wysychają do wilgotności względnej ok. 15% i można je zbierać odpowiednio dostosowanym kombajnem. Zbioru ręcznego dokonuje się przeważnie w czasie prac hodowlanych dla kolejnych etapów rozmnożenia. Po zbiorze i omlocie nasiona są przecierane w bukowniku, doczyszczane na wialni i niezwłocznie suszone do wilgotności poniżej 12%. Operacje czyszczenia i omlotu przebiegają o wiele sprawniej, gdy nasiona są wysuszone.

Dojrzałe baldachy na plantacji ekologicznej zbiera się ręcznie, a po wysuszeniu i omlocie poddaje czyszczeniu. Wśród zebranej masy nasiennej mogą znajdować się także nasiona chwastów, których wydzielenie w gospodarstwie nasiennym jest niemożliwe z uwagi na brak specjalistycznego sprzętu typu: wialnia, tryjer i kalibrator. Z tej przyczyny, po wstępnym oczyszczeniu nasion na plantacji, dalsze operacje przeprowadza się w zakładach nasiennych.

### 3.2.2. SUSZENIE

W nasiennictwie rolniczym stosuje się najczęściej suszenie w warstwie nieruchomej. Służą do tego celu zazwyczaj konwekcyjne suszarnie podłogowe. Ciepło potrzebne do odparowania wody jest doprowadzane w postaci czynnika suszącego, którym jest nagrzane powietrze. Suszenie przebiega w dwóch etapach. W pierwszym następuje odparowanie wilgoci znajdującej się między nasionami o wilgoci powierzchniowej – jest to etap stałej szybkości suszenia. W drugim etapie maleje szybkość suszenia, ponieważ woda jest transportowana z wnętrza nasion na drodze powolnej dyfuzji [Pohorecki i Wroński 1979].

Teoria konwekcyjnego suszenia produktów rolniczych została omówiona w pracy S. Pabisa [1965, 1982], a teoretyczne podstawy suszenia nasion warzyw w publikacjach J. Pabisa [1978, 2000a, b]. Technologię suszenia i konstrukcję urządzeń przedstawił w swojej monografii Strumiłło [1983].

Rosnące koszty nośników energii cieplnej wymuszają konieczność poszukiwania nowych metod jej pozyskiwania dla urządzeń suszących. Trwają intensywne badania nad możliwością uzyskania energii cieplnej z kolektorów słonecznych lub pomp ciepła, a te źródła energii są coraz częściej wykorzystywane w rolnictwie [Pabis 2003, 2004].

Proces suszenia wymaga zużycia dużej ilości coraz droższej energii cieplnej. Szacuje się, że około 10% energii na świecie jest wykorzystywane w procesach suszenia. Zastosowanie kolektorów słonecznych pozwala na obniżenie zużycia paliw od 20 do 30% i daje wymierne korzyści finansowe [Pabis 2004].

Na uwagę zasługują badania Rutkowskiego i in. [2006a, b] nad wykorzystaniem pomp ciepła. Należy rozważyć w przyszłości ten sposób pozyskiwania energii cieplnej dla suszenia nasion, zwłaszcza prowadzonych w próżni.

Można wydzielić następujące zakresy suszenia nasion:

- a) suszenie nasion wilgotnych po zbiorze z plantacji nasiennej w zakładach nasiennych polega na usunięciu zawartej w nasionach wody przez odparowanie kosztem dostarczonego ciepła z czynnikiem suszącym, najczęściej ogrzanym powietrzem. Nasiona roślin warzywnych po zbiorze należy wysuszyć do wilgotności poniżej 12%, gdyż w przeciwnym przypadku następuje rozwój grzybów lub kiełkowanie nasion. Z tych powodów suszenie nasion powinno być dokonywane już w gospodarstwach nasiennych. Nasiona wysuszone łatwiej poddają się obróbce mechanicznej i nie ulegają uszkodzeniom [Byszewski 1975];
- b) suszenie nasion po operacjach mokrych – niezwłoczne suszenie jest podstawą zachowania wysokiej jakości nasion podczas długotrwałego przechowywania. Nasiona o dużej wilgotności zawierają wodę na powierzchni i w przestrzeni pomiędzy nasionami. Wymogiem technologii nasiennej jest szybkie wysuszenie nasion także po procesach prowadzonych w wodzie: płukaniu, ługowaniu, odkażaniu termicznym w wodzie, zaprawianiu i otoczkowaniu.

Zgodnie z mechanizmem typowym dla II etapu wysychają nasiona ze szczelną okrywą nasienną: fasola, groch, rzodkiewka i kapusta. Nasiona takie

należy suszyć powoli w niskiej temperaturze. Wilgotność początkowa nasion i ich struktura decydują o sposobie suszenia i temperaturze powietrza suszącego. Dla nasion roślin ze szczelną okrywą należy stosować na początku suszenia niskie temperatury, poniżej 40°C, a pod koniec można temperaturę podnieść. Szybkie suszenie nasion wilgotnych może spowodować wysuszenie okrywy nasiennej, która pod wpływem silnego skurczu pęka. Uszkodzona okrywa nasienna umożliwia atak patogenów i szkodników na wnętrze nasiona, w tym na zarodek i bielmo [Pabis i Jaros 2000].

Ważną rolę podczas suszenia nasion odgrywa temperatura ich nagrzania. Maksymalna dopuszczalna temperatura nagrzania nasion roślin zbożowych, według Pticyna (za Pabisem [1965, 2000a, b]), jest wyrażona równaniem:

$$t_{n \max} = \frac{23,5}{c} + (20 - \lg \Theta), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.1)$$

Ciepło właściwe wilgotnego ziarna oblicza się z zależności:

$$c = c_s + c_w \cdot u_w, \text{ kJ} \cdot (\text{kg s.m.} \cdot \text{K})^{-1}$$

lub

$$c = c_s + \frac{c_w \cdot x_w}{100 - x_w}, \text{ kJ} \cdot (\text{kg s.m.} \cdot \text{K})^{-1} \quad (3.2)$$

gdzie:

- $t_{n \max}$  – maksymalna dopuszczalna temperatura nagrzania nasion, °C,
- $c$  – ciepło właściwe wilgotnych nasion,  $\text{kJ} \cdot (\text{kg s.m.} \cdot \text{K})^{-1}$ ,
- $c_s$  – ciepło właściwe suchych nasion,  $\text{kJ} \cdot (\text{kg s.m.} \cdot \text{K})^{-1}$ ,
- $c_w$  – ciepło właściwe wody,  $4,186 \text{ kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$ ,
- $\Theta$  – czas działania temperatury, h,
- $u_w$  – zawartość wody,  $\text{kg wody} \cdot (\text{kg s.m.})^{-1}$ ,
- $x_w$  – wilgotność, %.

Szybkie suszenie zapewniają suszarnie z wymuszonym przepływem ogrzanego powietrza przez nieruchomą warstwę nasion.

### Wilgotność równowagowa

Podczas suszenia dochodzi do ustalenia się stanu równowagi wilgotności między suszonym materiałem a czynnikiem suszącym. Następuje to wówczas, gdy ciśnienia cząstkowe pary wodnej w czynniku suszącym i na powierzchni międzyfazowej (nasiono – powietrze) są liczbowo równe. Dalsze prowadzenie suszenia w takich warunkach nie zmienia wilgotności nasion. Wilgotność równowagowa podczas suszenia powinna być ustalona na takim poziomie, aby zatrzymać niekorzystne procesy prowadzące do pogorszenia jakości nasion w trakcie przechowywania.



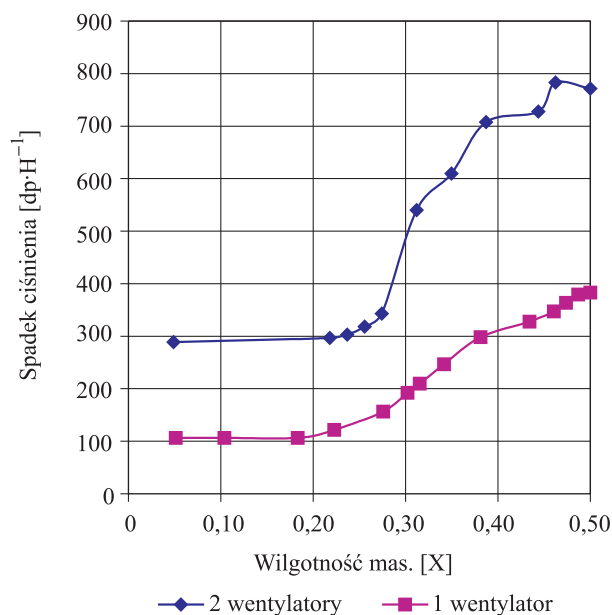
### Spadek ciśnienia na warstwie nasion w suszarni z wymuszonym przepływem powietrza

Opór przepływu powietrza przez warstwę nasion może być wyrażony zmodyfikowanym przez Leva równaniem Darcy-Weisbacha [Ciborowski 1973]:

$$dp = \xi \cdot \frac{H}{d_z} \cdot \frac{u^2}{2} \cdot \rho \cdot \left[ \frac{(1-\varepsilon)^{3-n}}{\varepsilon^3} \cdot \varphi^{3-b} \right], \text{ Pa} \quad (3.3)$$

gdzie:

- $dp$  – opór warstwy nasion, Pa,
- $\xi$  – współczynnik oporów przepływu,
- $u$  – pozorna prędkość przepływu powietrza liczona na pusty aparat,  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,
- $n$  – współczynnik burzliwości, zależny od liczby Reynoldsa,
- $H$  – wysokość warstwy nasion, m,
- $d_z$  – średnica zastępcza nasion, m,
- $\rho$  – gęstość powietrza,  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,
- $\varepsilon$  – porowatość warstwy nasion,
- $\varphi$  – czynnik kształtu.



Rys. 3.2. Zależność oporu jednostkowego przepływającego powietrza od wilgotności nasion [Domoradzki i Korpal 2002a]

Opór przepływu powietrza zależy od parametrów operacji i właściwości warstwy nasion [Domoradzki i Korpal 2002a]. Podczas suszenia nasion pie-

truszki uzyskano równanie oporów przepływu powietrza przez warstwę nasion w suszarce w postaci:

$$dp = 12,11 \cdot \frac{H}{d_z} \cdot \frac{u^2}{2 \cdot g} \cdot \left[ e^{4,091 \cdot X_w} \right], \text{ Pa, dla zakresu } 0,05 < X_w < 0,5, \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (3.4)$$

### Bilans cieplny suszenia

Ciepło dostarczane do warstwy nasion jest zużywane na odparowanie wody i na nagrzanie nasion:

$$Q = Q_t + Q_r, \text{ kJ} \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.5)$$

Ilość ciepła dostarczonego do warstwy nasion jest równa:

$$Q = -\alpha_v \cdot V \cdot (t - t_p), \text{ kJ} \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.6)$$

Ilość ciepła potrzebna na odparowanie wody:

$$Q_r = -r \cdot V \cdot \rho \cdot \frac{du}{d\Theta}, \text{ kJ} \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.7)$$

Ilość ciepła potrzebna na podgrzanie nasion:

$$Q_t = c \cdot V \cdot \rho \cdot \frac{dt}{d\Theta}, \text{ kJ} \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.8)$$

gdzie:

- $\alpha_v$  – objętościowy współczynnik wnikania ciepła,  $\text{kJ} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ ,
- $Q$  – ilość dostarczanego ciepła,  $\text{kJ} \cdot \text{h}^{-1}$ ,
- $V$  – objętość warstwy nasion,  $\text{m}^3$ ,
- $\rho$  – gęstość warstwy,  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,
- $c$  – ciepło właściwe warstwy nasion,  $\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$ ,
- $r$  – ciepło parowania wody,  $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,
- $t$  – temperatura warstwy nasion,  $^\circ\text{C}$ ,
- $t_p$  – temperatura powietrza,  $^\circ\text{C}$ ,
- $\frac{du}{d\Theta}$  – szybkość suszenia,  $\text{kg wody} \cdot (\text{kg s.m.} \cdot \text{h})^{-1}$ ,
- $\frac{dt}{d\Theta}$  – zmiana temperatury warstwy nasion,  $^\circ\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Po podstawieniu powyższych równań otrzymuje się równanie różniczkowe:

$$\frac{dt}{d\Theta} = -\frac{\alpha_v}{c \cdot \rho} \cdot (t - t_p) + \frac{r}{c} \cdot \frac{du}{d\Theta}, \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.9)$$

Rozwiązaniem równania różniczkowego jest matematyczny model zmian średniej temperatury złoża nasion [Pabis 1978, Pabis 1982] w postaci:

$$\frac{(t - t_1)}{(t_p - t_1)} = 1 - e^{-P\Theta} + \frac{S \cdot (e^{-K\Theta} - e^{-P\Theta})}{(t_p - t_1) \cdot (P - K)} \quad (3.10)$$

gdzie:

$$S = -\frac{r}{c} \cdot \Psi \cdot K \cdot (u_1 - u_r), \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1},$$

$$K = \frac{\pi^2 \cdot \alpha_m}{R^2} - \text{współczynnik suszarniczy, dm}^3 \cdot \text{h}^{-1},$$

$$P = \frac{\alpha_v}{c \cdot \rho}, \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1},$$

$t_1$  – temperatura początkowa nasion, °C, K,

$R$  – promień cząstek kulistych, m,

$$\Psi = \frac{6}{\pi^2} - \text{wartość czynnika kształtu,}$$

$\alpha_m$  – umowny współczynnik wewnętrznej dyfuzji wody,  $\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Model Pabisa [1978] pozwala na wyznaczenie zmian średniej temperatury nasion suszonych w grubej warstwie w zależności od czasu suszenia  $\Theta$ , wyznaczenie  $\alpha_m$  w zależności od temperatury i wyznaczenie krzywej przebiegu suszenia.

Wartość współczynnika wnikania ciepła można wyznaczyć z bilansu i równań analizy wymiarowej [Serwiński 1971]:

$$\text{Nu} = A \cdot \text{Re}^n \quad (3.11)$$

$$\text{Nu} = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} \quad (3.12)$$

$$\text{Re} = \frac{u \cdot d}{\nu} \quad (3.13)$$

gdzie:

$\alpha$  – współczynnik wnikania ciepła,  $\text{kJ} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ ,

$d$  – średnia średnica nasiona, m,

$u$  – prędkość liczona na pusty aparat,  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$\nu$  – kinematyczny współczynnik lepkości,  $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$\lambda$  – współczynnik przewodzenia ciepła,  $\text{kJ} \cdot (\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ .

Przedstawiony matematyczny model konwekcyjnego suszenia nieruchomej warstwy nasion został eksperymentalnie zweryfikowany przez Pabisa [1978] dla warstwy nasion pietruszki.

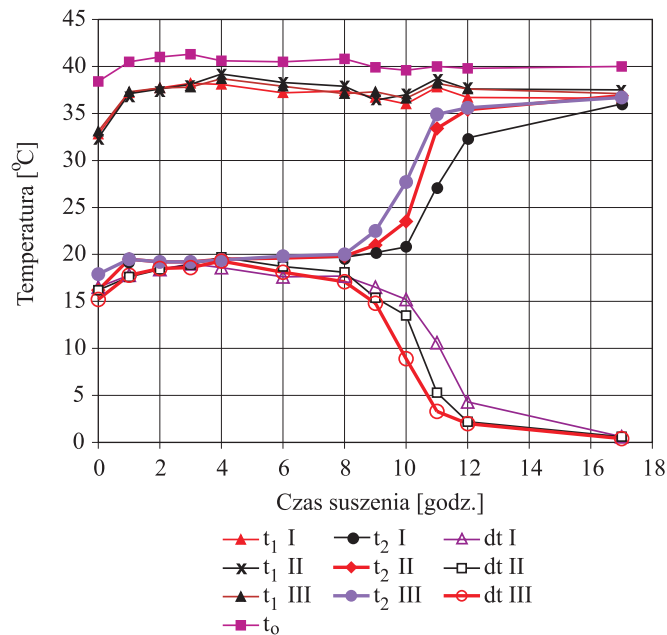
Analizując zwarty obiekt w strumieniu powietrza suszącego w większości rozważań wskazuje się na dwa okresy suszenia. Zakłada się, że powietrze suszące, przepływając wokół obiektu suszonego, zwiększa swoją wilgotność, ale tylko niewiele, nie osiągając 100% nasycenia wodą (punktu rosy). Nawet jeśli w modelu jest rozpatrywana wysoka warstwa nasion, to model ten nie uwzględnia możliwości wykraplania się wody w powietrzu suszącym w dalszej części złoża, gdzie występuje woda między nasionami i woda powierzchniowa, a temperatura złoża jest niska.

Mówiąc o „wysokiej warstwie wilgotnych nasion” rozważa się taką sytuację, gdy powietrze suszące, przepływając przez warstwę nasion, osiąga punkt rosy przy danym ciśnieniu i w danej temperaturze. Takie powietrze nie suszy nasion.

Obserwując parametry powietrza wylotowego z suszarni przepływowej z wysoką warstwą nasion po mokrych procesach obróbki, można wyróżnić trzy etapy suszenia:

- I etap – podczas którego temperatura powietrza wylotowego z suszarni jest stała, a wilgotność względna powietrza wynosi 100%. Zwiększenie zarówno prędkości powietrza suszącego, jak i jego temperatury powoduje wzrost prędkości suszenia (skrócenie czasu suszenia);
- II etap – zaczyna się w momencie tak zwanego „przebiccia złoża”, gdy temperatura powietrza wylotowego zaczyna szybko rosnać, a jego wilgotność względna maleć. Większość wody międzyziarnowej i powierzchniowej jest już wówczas usunięta. W pierwszej części złoża następuje suszenie w obszarze dyfuzyjnym, a w drugiej części złoża trwa jeszcze usuwanie wody powierzchniowej;
- III etap – następuje wtedy, kiedy cała woda międzyziarnowa i powierzchniowa jest usunięta ze złoża, a o szybkości suszenia w całym złożu decyduje dyfuzja wilgoci z wnętrza ziarna. Stosowanie w tym przypadku wysokich prędkości przepływu powietrza nie ma wpływu na szybkość suszenia, a szybkość dyfuzji wody z wnętrza nasion zależy od temperatury.

Typowy przebieg temperatury podczas suszenia nasion wilgotnych pietruszki, w warstwie o wysokości 560 mm, w trzykomorowej suszarce przepływowej przedstawiono na rysunku 3.3. Przy stałej prędkości przepływu (liczonej na pusty aparat)  $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  i temperaturze ciepłego powietrza wlotowego za nagrzewnicą  $40^\circ\text{C}$  – temperatura powietrza na wylocie z suszarni była stała i wynosiła w tym przypadku około  $20^\circ\text{C}$ .



Rys. 3.3. Zmiany temperatury powietrza w suszarni podczas suszenia nasion pietruszki po obróbce mokrej [Domoradzki i Korpala 2002a]:

$t_0$  – temperatura za nagrzewnicą,  $t_1$  I – temperatura na wlocie do komory I,  $t_2$  I – temperatura na wylocie z komory I,  $dt$  I – różnica temperatur wlot – wylot dla komory I,  $t_1$  II – temperatura na wylocie z komory II,  $t_2$  II – temperatura na wylocie z komory II,  $dt$  II – różnica temperatur wlot – wylot dla komory II,  $t_1$  III – temperatura na wlocie do komory III,  $t_2$  III – temperatura na wylocie z komory III,  $dt$  III – różnica temperatur wlot – wylot dla komory III

Wykres można zinterpretować w ten sposób, że do końca okresu stałej temperatury następuje głównie odparowanie wody międzyziarnowej i powierzchniowej. Jest to pierwszy etap suszenia, który w tym przypadku trwał około 8 godzin.

W drugim etapie suszenia rośnie temperatura powietrza na wylocie z suszarki, a różnica temperatury na wlocie i wylocie stopniowo spada, dążąc do coraz mniejszych wartości. Szybkość suszenia maleje z uwagi na zwiększający się udział wody, która przechodzi do powietrza suszącego z nasion według dyfuzyjnego mechanizmu transportu wody. Na tym etapie suszenie nasion przebiega zgodnie z modelem Pabisa (równanie 3.10).

W trzecim etapie temperatura powietrza na wylocie z suszarki rośnie powoli, a wilgotność względna powietrza wylotowego zbliża się do wilgotności względnej powietrza za podgrzewaczem. Na tym etapie następuje powolne ustalenie się temperatury złoża i równowagowej wilgotności złoża.

Suszeniu nasion towarzyszy zmiana ich objętości. Zjawisko to zostało opisane przez Pabisa i Jarosa [2000]. Zależność zmian wysokości złoża w czasie suszenia nasion w komorze suszarni przedstawili też Domoradzki i in. [2004b].

Suszenie nasion w wysokiej temperaturze może powodować, oprócz obniżenia wilgotności, także odkażanie nasion [Baker 1969]. Wysoka temperatura powinna wpłynąć na likwidację mikroorganizmów, natomiast nie powinna w istotny sposób zmniejszać zdolności kiełkowania nasion [Baker 1962a, b, Sykes 1965]. Możliwość suszenia i odkażania niektórych nasion w wysokiej temperaturze potwierdzają liczne badania [Baker 1969, Baker i Kozłowski 1972, Maude 1996, Domoradzki i Korpala 2002a, Domoradzki i in. 2004b, Domoradzki i Dzieńciecki 2008]. Powstaje możliwość połączenia suszenia nasion i odkażania termicznego w jednej operacji. Nasiona dla upraw ekologicznych powinny być nie tylko wysuszone, ale i odkażone.

Również Grondeau i in. [1992] wskazują na możliwość połączenia procesu suszenia i odkażania nasion suchym gorącym powietrzem w jednej operacji. Według Umekawy [1987] odkażane tą metodą nasiona zmniejszają swoją zdolność kiełkowania dopiero po 11 miesiącach przechowywania od momentu wysuszenia w wysokiej temperaturze.

### **Suszenie nasion przeznaczonych do przechowywania**

Przechowywanie nasion warzyw ma na celu utrzymanie ich przydatności do siewu przez jak najdłuższy okres. Nasiona, które dobrze tolerują odwodnienie i dalsze przechowywanie, nazywa się nasionami typowymi (orthodox), natomiast zawierające duże ilości wody i nieznoszące przesuszenia – nietypowymi (recalcitrant). Naturalna długowieczność nasion jest różna dla różnych gatunków, a zmiany parametrów jakościowych w czasie w ramach tego samego gatunku zależą od wilgotności nasion i temperatury przechowywania. Im niższa jest zawartość wody w nasionach i niższa temperatura przechowywania, tym większa ich trwałość [Ryniecki i Szymański 1999]. Ta znana reguła została potwierdzona przez Come i Corbineau [2003].

Suszenie zapewnia powstanie warunków ograniczających procesy życiowe w przechowywanym ziarnie i uniemożliwiających rozwój szkodników i drobnoustrojów [Pabis i Pabis 1984]. Przy obniżeniu wilgotności do 10-14% nasiona są najczęściej przechowywane krótkookresowo. Procesy fizjologiczne w nasionach są wówczas spowolnione, nie rozwijają się pleśnie, bakterie i roztocza. Aby uniemożliwić rozwój owadów w masie nasion, należy obniżyć wilgotność do 8-10% [Fiedler i Sosnowska 2008].

Zastosowanie obniżonej temperatury przechowywania powoduje dalsze wydłużenie okresu przechowywania nasion. Rozwój owadów w przechowywanym ziarnie ulega ograniczeniu już w temperaturze niższej od 17°C.

Wyniki badań przeprowadzonych przez Bartona [1961] w temperaturze pokojowej i w temperaturze obniżonej do -4°C wskazują na możliwość zachowania dobrej jakości nasion podczas długotrwałego przechowywania w tych warunkach (tabele 3.4 i 3.5).

Tabela 3.4. Kielkowanie marchwi przechowywanych w temperaturze pokojowej [Barton 1961]

Gatunek	Zdolność kiełkowania nasion po zbiorze [%]	Wilgotność [%]	Czas przechowywania nasion w latach				
			1	3	5	7	10
			Zdolność kiełkowania [%]				
Marchew	67	powietrzno-suche	66	63	53	48	22
Marchew	67	10,7	60	25	0	0	0
Marchew	67	5,2	63	64	67	62	64

Tabela 3.5. Kielkowanie nasion marchwi przechowywanych w temperaturze  $-4^{\circ}\text{C}$  [Barton 1961]

Gatunek	Zdolność kiełkowania nasion po zbiorze [%]	Wilgotność [%]	Czas przechowywania nasion w latach				
			1	3	5	7	10
			Zdolność kiełkowania [%]				
Marchew	67	powietrzno-suche	68	73	61	58	60
Marchew	67	10,7	67	75	64	67	68
Marchew	67	5,2	69	71	67	76	69

Obniżenie temperatury przechowywania wysuszonych nasion marchwi wpływa na przedłużenie czasu gwarantującego zachowanie ich wysokiej jakości.

Podstawowym warunkiem długiego przechowywania nasion roślin warzywnych jest mała zawartość w nich wody. Przechowywanie nasion wymaga obniżonej wilgotności i temperatury w pomieszczeniu magazynowym.

Niespełnienie tych warunków jest podstawową przyczyną pojawienia się negatywnych cech jakościowych nasion, takich jak [Barton 1961]:

- spadek zdolności kiełkowania postępujący wraz z wydłużaniem się czasu magazynowania nasion,
- utrata energii kiełkowania,
- powstanie siewek nienormalnych,
- wzrost zakażeń grzybowych.

Wysuszenie nasion i szczelne zapakowanie gwarantuje utrzymanie wysokiej jakości nasion przez około 7 lat przechowywania w magazynach niechłodzonych, z wyjątkiem nasion selera i sałaty. Nasiona obydwu tych gatunków wymagają dodatkowo chłodzenia ze względu na ich możliwe wtórne uśpienie [Thomas 1984, Hassell i Kretchman 1997].

Harrington [1963] określił minimalną i maksymalną wilgotność, przy której może wystąpić wtórne uśpienie nasion (tab. 3.6) podczas ich minimum 3-letniego przechowywania w temperaturze około  $25^{\circ}\text{C}$ .

Tabela 3.6. Wilgotność nasion podczas 3-letniego przechowywania [Harrington 1993]

Gatunek	Wilgotność [%]	
	minimalna	maksymalna
Marchew	3,0	7,0
Pietruszka		6,5

Przechowywanie szczelnie zapakowanych i wysuszonych nasion powoduje zachowanie kilkakrotnie dłuższej ich żywotności niż nasion przechowywanych w magazynach o niekontrolowanych warunkach przechowywania.

Wilgotność nasion suszonych w temperaturze pokojowej ulega wahaniu w zależności od temperatury i wilgotności powietrza w pomieszczeniu, w którym są przechowywane. Odpowiednie wysuszenie i przechowywanie w niskiej temperaturze powoduje, że jakość nasion w kolejnych latach, licząc od daty zbioru nie ulega obniżeniu [Lityński 1982, Podlaski 2000b].

Postuluje się zainstalowanie na plantacjach ekologicznych suszarni do niezwłocznego suszenia nasion zaraz po zbiorze [Domoradzki i in. 2006b]. Suszenie nasion po operacjach mokrych: płukaniu i ługowaniu, termoterapii w gorącej wodzie i otoczkowaniu wymaga zbudowania sprawnych i szybko działających urządzeń stacjonarnych do pracy w zakładach nasiennych.

### 3.2.3. KALIBRACJA NASION

Wyniki badań kiełkowania przeprowadzonych na rozdzielonych na frakcje sitowe partiach nasion wykazały, że zarówno w testach laboratoryjnych, jak i polowych energia oraz zdolność kiełkowania nasion zależą od ich wielkości [Woyke i in. 1990, Villeneve i Luneau 1992, Woyke i Sokołowska 1994].

Wiadomo, że na plantacji rośliny nie zakwitają i nie dojrzewają jednocześnie. W przypadku roślin baldaszkowatych, np. marchwi, wielkość nasion zależy od pokroju roślin oraz kwiatostanów. W typie osiowym z baldachów głównych I i II rzędu, a w typie roślin bezosiowych z baldachów I i II rzędu, uzyskuje się najwięcej nasion frakcji powyżej 1,2 mm. Pozostałe baldachy dają duży odsetek, nawet do 50%, nasion drobnych i pośladu [Orzechowski i Tomaszewski 1993].

Wielkość nasion jest uwarunkowana genetycznie i wobec rosnącego zapotrzebowania plantatorów warzyw na frakcje nasion o dużych wymiarach ta wielkość powinna być poprawiana dla każdej odmiany i po każdym zbiorze na etapie hodowli. Panuje częściowo słuszne przekonanie, że nasiona większe dają rośliny dorodniejsze [Lityński 1982].

Zanieczyszczenie całego plonu nasionami niedojrzałymi z baldachów III rzędu (najdrobniejszymi i słabo kiełkującymi) pogarsza ich jakość. Nasiona największe są wówczas popękane i zakażone grzybami, zaś drobne – przeważnie niedojrzałe i słabo kiełkujące. Nasiona większe i cięższe gwarantują zazwyczaj większe i dorodniejsze wschody roślin w polu, dając zasiewy o lepszej jakości i wyrównanej wielkości roślin oraz wyższe plony [Hill i in. 1989]. Plantatorzy wolą więc wysiewać nasiona dorodniejsze, które są jednak droższe od pozostałych.



Wyniki badań świadczą o tym, że nasiona o większych wymiarach kiełkują przeważnie lepiej od nasion o wymiarach mniejszych [Hill i in. 1989]. Kalibracja pozwala na wybranie najlepszych frakcji nasion do obrotu handlowego dla plantatorów. Nie bez znaczenia jest zastosowanie kalibracji nasion w pracach hodowlanych, co bezpośrednio wpływa na podniesienie jakości nasion elitarnych [Witek i Chmielowiec 2004].

Sortowanie nasion na frakcje pod względem wielkości odbywa się w laboratorium za pomocą sit ręcznych lub przesiewaczy laboratoryjnych [Domoradzki i Korpala 2005c, Domoradzki i in. 2005b, c]. Charakterystyczny wymiar cząstki (średnica zastępcza), podany w formie jednej liczby, zależy od sposobu pomiaru. Istnieje wiele sposobów określenia tej wielkości, przy czym zasadniczy wpływ mają wymiary nasion.

Rozkład wielkości nasion w zbiorze można określić metodą analizy sitowej, czyli przesiewając określoną ilość nasion przez blok sit o malejących wymiarach otworów w przesiewaczach ręcznych lub wibracyjnych [Domoradzki i in. 2002]. W nasiennictwie warzywniczym używane są zestawy sit o otworach okrągłych w ciągu od 0,8 do 4,0 mm, w przedziale co 0,2 mm. Zestawy sit bońskich – od 1,00 do 6,00 mm co 0,25 mm – pozostały już tylko w starej normie na nasiona buraka cukrowego [PN-R 65023].

Po rozdzieleniu na frakcje sitowe uzyskuje się zbiory nasion o wymiarach zawartych między wymiarami oczek sąsiednich sit  $a_i$  i  $a_{i-1}$ .

Przeciętną średnicę frakcji sitowej ziaren definiuje się jako średnią geometryczną wymiarów oczek dwóch sąsiednich sit:

$$d_{zi} = \sqrt{a_i \cdot a_{i-1}}, \text{ mm} \quad (3.14)$$

Określenie rozkładu wielkości cząstek w zbiorze przeprowadza się za pomocą analizy granulometrycznej: sitowej, sedymentacyjnej lub klasyfikacji w powietrzu [Brown 1960].

Średnicę zastępczą zbioru nasion o masie  $M$ , gęstości  $\rho$  i liczbie nasion  $n_n$  można opisać zależnością [Pabis i Pabis 1984]:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M}{n_n \cdot \pi \cdot \rho}}, \text{ mm} \quad (3.15)$$

która po podstawieniu do wzoru zależności masy nasion od liczności:

$$n_n = M \cdot L = M_s \cdot L_s, \text{ szt.} \quad (3.16)$$

upraszcza się do postaci:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6}{L \cdot \pi \cdot \rho}}, \text{ mm} \quad (3.17)$$

Zależność średnicy zastępczej od wilgotności nasion przy założeniu tej samej gęstości nasion suchych i wilgotnych można zapisać jako:

$$M = M_s + W = M_s + M_s \cdot X = M_s \cdot (1 + X) \quad (3.18)$$

Po podstawieniu do wzoru otrzymuje:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_s \cdot (1 + X)}{n_n \cdot \pi \cdot \rho}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot (1 + X)}{L_s \cdot \pi \cdot \rho}} \quad (3.19)$$

gdzie:

- $d_e$  – średnica zastępcza, cm,
- $\rho$  – gęstość nasion,  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,
- $L$  – licznosc nasion wilgotnych w próbie 1 g, szt.  $\cdot \text{g}^{-1}$ ,
- $L_s$  – licznosc nasion suchych w próbie 1 g, szt.  $\cdot \text{g}^{-1}$ ,
- $M$  – masa próby, g,
- $M_s$  – sucha masa nasion w próbie, g,
- $n_n$  – liczba nasion, szt.,
- $X$  – zawartość wilgoci,  $\text{kg wody} \cdot (\text{kg s.m.})^{-1}$ ,
- $W$  – masa wody, g.

Skład granulometryczny zbioru cząstek przedstawia się przy użyciu dwóch funkcji (rys. 3.4):

- sumy rozkładu granulometrycznego – krzywej sumarycznej  $Q_r(d)$ ,
- gęstości rozkładu granulometrycznego –  $q_r(d)$ .

Suma rozkładu granulometrycznego podaje, jaka część całkowitej ilości cząstek leży w przedziale pomiędzy  $d_{\min}$  i  $d$ . Dla najmniejszej i największej średnicy otrzymuje się:

$$Q_r(d_{\min}) = 0, \quad Q_r(d_{\max}) = 1 \quad (3.20)$$

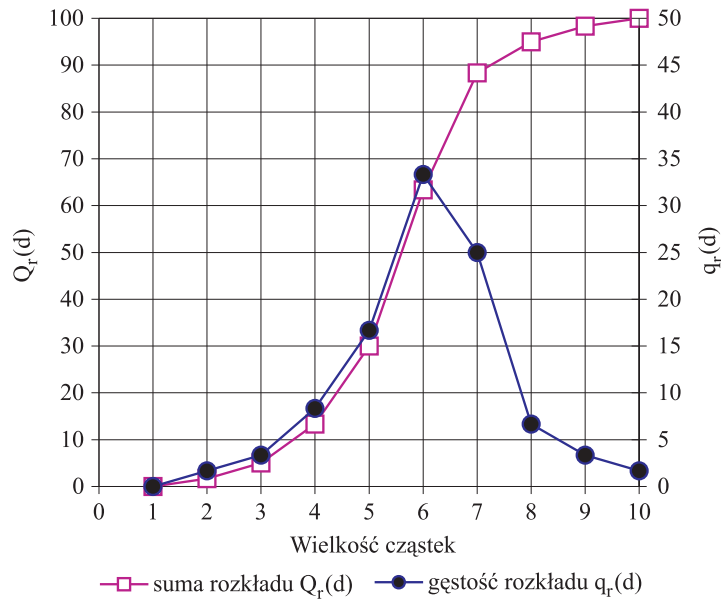
Krzywa gęstości rozkładu  $q_r(d)$  podaje udział miary dla każdej cechy zbioru w przedziale  $d(d)$ . Jeśli krzywa sumy rozkładu  $Q(d)$  jest ciągłą funkcją różniczkowalną, to krzywa gęstości rozkładu dana jest równaniem:

$$q_r(d) = \frac{d[Q_r(d)]}{d(d)} \quad (3.21)$$

Powierzchnia pod krzywą gęstości rozkładu  $q_r(d)$  jest niezależna od rodzaju zbioru i równa jedności. Krzywe sumy rozkładu  $Q_r(d)$  i gęstości rozkładu  $q_r(d)$  podają niezbędne informacje do dalszej oceny uziarnienia.

Zdefiniowano dla potrzeb analizy sitowej następujące pojęcia:

- przesyp – ilość materiału  $Q$ , która przeszła przez wszystkie sита do sита  $a_i$ ,
- pozostałość  $R$  – ilość materiału, która została zatrzymana na sicie  $a_i$  przesiewacza.



Rys. 3.4. Krzywe sumy i gęstości rozkładu granulometrycznego według Leschonskiego i in. [1974a, b]

Wyczerpujący opis metod wykonywania i obliczeń analizy sitowej przedstawiono w artykułach Leschonskiego i in. [1974a, b], a także w Polskiej Normie PN-C-04501.

W wyniku przesiewania otrzymuje się szereg frakcji o zastępczych średnicach:  $d_{z1}$ ,  $d_{z2}$ ,  $d_{zi}$ ,  $d_{zN}$ , a udziały masowe poszczególnych frakcji wynoszą  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_i$ ,  $x_N$ . Najczęściej stosuje się następujące średnie średnice zbioru nasion [Heim 1996]:

– średnia średnica wg de Brouckera:

$$d_z = \sum_{i=1}^N x_i \cdot d_{zi}, \text{ mm} \quad (3.22)$$

– średnia średnica wg Leva:

$$\frac{1}{d_z} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{d_{zi}}, \text{ mm} \quad (3.23)$$

gdzie:

N – liczba frakcji sitowych.

Matematyczny opis krzywych  $Q_r(d)$  i  $q_r(d)$  opiera się na analogii do rozkładów zmiennej losowej w rachunku prawdopodobieństwa. Klasycznym przy-

kładem jest symetryczny rozkład normalny Gaussa. Gdy zbiór cząstek nie ma symetrycznego rozkładu wielkości ziaren, do opisu jego składu można zastosować rozkład logarytmiczno-normalny. W wielu przypadkach dobrze wyrażają rozkład sumaryczny funkcje w postaci wykładniczej.

Najbardziej znaną z nich jest funkcja Rosina-Rammlera-Sperlinga-Bonneta (RRSB), którą do opisu wyników analizy sitowej zastosowali Domoradzki i in. [2004d]:

$$Q_r(d) = \exp \left[ - \left( \frac{d}{d^*} \right)^{n_r} \right] \quad (3.24)$$

gdzie:

$d^*$  – średnia statystyczna wymiarów liniowych wszystkich nasion w zbiorze, mm,

$n$  – współczynnik równomierności uziarnienia.

Dla każdego kalibratora można wykonać bilans masowy operacji. Wydajność całkowitą kalibratora  $S$  można obliczyć na podstawie zależności:

$$S = \sum_{i=1}^N R_i, \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.25)$$

gdzie:

$$R_i = S \cdot x_i, \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.26)$$

$N$  – liczba frakcji sitowych.

Dla kalibratora z pojedynczym sitem można zapisać:

$$S = P + R, \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.27)$$

gdzie:

$S$  – strumień masowy podawania surowca,  $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ,

$P$  – strumień masowy przesypu nasion przez oczka sita,  $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ,

$R$  – strumień masowy odprowadzania materiału z sita (zatrzymanie),  $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Bilans masowy przesiewania przez pojedyncze sito jest przedstawiony następującym układem równań:

– dla nasion większych od oczka sita:

$$S \cdot x_S = P_p \cdot x_p + R \cdot x_R, \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.28)$$

– dla nasion mniejszych od oczka sita:

$$S \cdot (1 - x_S) = P_p \cdot (1 - x_p) + R(1 - x_R), \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.29)$$

gdzie:

- $x_S$  – ułamek masowy nasion o wymiarach większych od oczka sita w surowcu, %,
- $x_P$  – ułamek masowy nasion o wymiarach większych od oczka sita w przesypie, %,
- $x_R$  – ułamek masowy nasion o wymiarach większych od oczka sita w materiale zatrzymanym na sicie, %.

Współczynnik sprawności zatrzymywania zdefiniowany jest jako stosunek zawartości pozostałej frakcji, która powinna się znaleźć w odsiewie  $R \cdot (1 - x_i)$  do zawartości tej frakcji w surowcu  $S \cdot (1 - x_s)$ :

$$\eta_z = \frac{R \cdot (1 - x_R)}{S \cdot (1 - x_S)} = \frac{(x_P - x_S) \cdot (1 - x_R)}{(x_P - x_R) \cdot (1 - x_S)} \quad (3.30)$$

Konstrukcja przesiewacza nie pozwala na przejście przez sito frakcji większej niż oczko sita. W związku z tym sprawność zatrzymywania jest równa  $\eta_z = 1$ . Współczynnik sprawności przesiewania zdefiniowany jest jako stosunek zawartości interesującej nas frakcji w przesiewie  $P \cdot x_p$  do zawartości tej frakcji w surowcu  $S \cdot x_s$ :

$$\eta_p = \frac{P \cdot x_P}{S \cdot x_S} = \frac{(x_S - x_R) \cdot x_P}{(x_P - x_R) \cdot x_S} \quad (3.31)$$

Współczynnik sprawności ogólnej sita jest iloczynem sprawności:

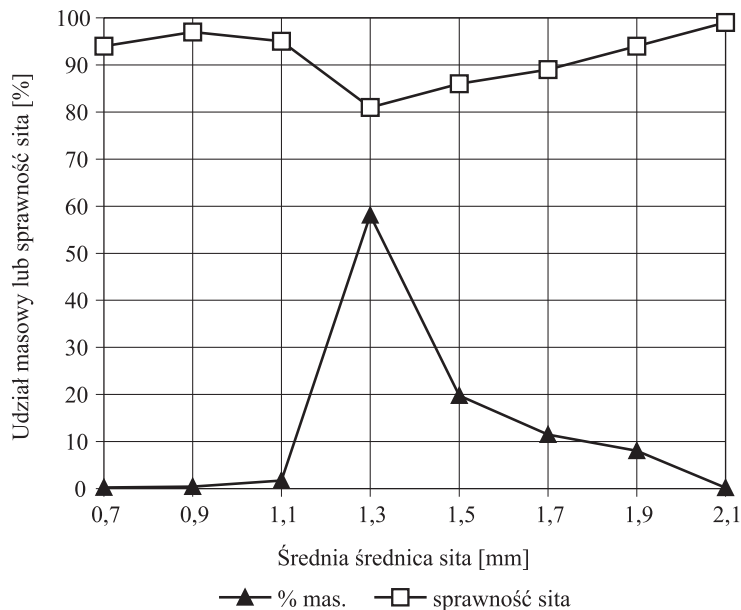
$$\eta_o = \eta_p \cdot \eta_z \quad (3.32)$$

Dla kalibratora kolumnowego sprawność sita oblicza się z zależności:

$$\eta_p = \frac{P_p \cdot X_P}{S \cdot x_S} = \frac{m_P}{m_S} \quad (3.33)$$

Sprawność sita kalibratora bada się za pomocą sit laboratoryjnych. Próbkę nasion z danego sita przesiewa się przez sito laboratoryjne o tym samym wymiarze. Sprawność sita kalibratora przemysłowego jest ilorazem masy nasion, która pozostała na sicie  $m_P$  do masy próbki z kalibratora  $m_S$ .

Sprawność sita maleje przy wzroście natężenia jego zasilania nasionami (rys. 3.5).



Rys. 3.5. Zależność sprawności sита od natężenia zasilania przesiewacza nasionami pietruszki w ilości  $20 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$  [Domoradzki i in. 2004]

Zatrzymywane na sicie nasiona są mniejsze od oczek sита ze względu na blokowanie sита nasionami.

W przemyśle do rozdziału nasion na frakcje sitowe stosuje się urządzenia zwane sortownikami lub kalibratorami. Są to przeważnie przesiewacze sitowe o różnej konstrukcji [Grochowicz 1994].

Kalibracja nasion w przemyśle polega na ich rozdziale według wymiarów na szereg frakcji sitowych. Po sprawdzeniu zdolności kiełkowania do dalszej obróbki wybiera się frakcje najlepiej kiełkujące. Proces precyzyjnej kalibracji jest stosowany przez europejskie firmy nasienne przy produkcji nasion w systemie sztukowym.

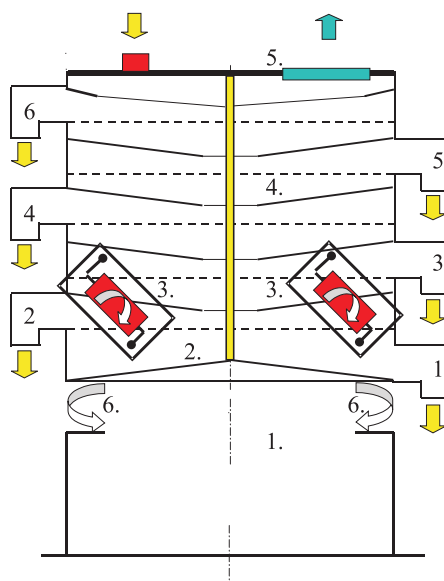
Do kalibracji nasion warzyw baldaszkowatych stosuje się najczęściej sита z otworami okrągłymi, ustawione w ciągu od 0,8 do 4,0 mm co 0,2 mm. Prześwit sита blaszanego z otworami okrągłymi w tym zakresie wynosi od 20 do około 40% [Grochowicz 1994]. Dla podłużnych nasion roślin baldaszkowatych, rozdzielanych według największego wymiaru, ważnym elementem jest brak podrzutu nasion na sicie.

Kalibracja nasion umożliwia [Domoradzki i in. 2005b, Domoradzki i Korpala 2005c]:

- usunięcie zanieczyszczeń z partii nasion (efekt doczyszczenia),
- eliminację nasion drobnych ze zbioru,
- wybranie frakcji nasion o różnym zakresie średnic zastępczych, a spośród nich najlepiej kiełkujących,
- równomierne wschody roślin w polu,

- wyrównanie wielkości roślin w polu,
- zastosowanie nowoczesnych siewników podciśnieniowych przez precyzyjne dopasowanie wielkości otworów w tarczy wysiewowej do wielkości nasion,
- uproszczenie procesów technologicznych przygotowania nasion do siewu: rozdział pneumatyczny, suszenie fluidalne, powlekanie i otoczkowanie nasion.  
Można spodziewać się także negatywnych efektów kalibracji, np.:
- rozprzestrzenienia zakażeń mikrobiologicznych w partii nasion i pogorszenia ich zdrowotności,
- konieczności utylizacji frakcji nasion niekiełkujących,
- nagromadzenia się w jednej frakcji sitowej zanieczyszczeń obcymi nasionami,
- powstania w ramach tej samej partii nasion kilku frakcji o różnych zdolnościach kiełkowania i dodatkowe koszty analiz każdej frakcji,
- zwiększenia kosztów przygotowania nasion do sprzedaży.

W przemyśle nasiennym brak jest precyzyjnych maszyn kalibrujących rozdzielających nasiona na wiele frakcji w jednym przejściu. Ponieważ precyzja rozdziału rośnie wraz z długością drogi nasion na sicie, poszukuje się takiej konstrukcji, która zrealizowałaby ten warunek w stosunkowo niewielkim gabarytowo urządzeniu [Wodziński 1997]. Wymóg ten spełnia zbudowany w UTP w Bydgoszczy prototyp wielopokładowego przesiewacza wibracyjnego o spiralnym obiegu nasion na sicie [Pat. P-191474] (rys. 3.6).



Rys. 3.6. Schemat modelu przesiewacza wielopokładowego z wibratorami bocznymi według Pat. P-191474: 1 – podstawa przesiewacza, 2 – podstawa kolumny sit, 3 – wibratory, 4 – segmenty kolumny sitowej, 5 – pokrywka, 6 – zawieszenie sprężynowe

Na metalowej podstawie zamontowano kolumnę składającą się z segmentów sitowych, wspartą na sprężynowym zamocowaniu. Z każdego sita kalibratora odprowadzano materiał do odbieralnika. Kolumnę zamyka pokrywa z dozownikiem doprowadzającym materiał do przesiewacza. W celu generowania drgań obiegowych i poziomych na sicie zamontowano segment z dwoma wibratorami ustawionymi naprzeciw siebie [Domoradzki i in. 2004a, c].

Badania różnych frakcji nasion warzyw baldaszkowatych wykonane przy wykorzystaniu powyższego przesiewacza potwierdziły zależność zdolności kiełkowania nasion od średnicy zastępczej nasion [Domoradzki i in. 2004a, c].

### 3.2.4. PŁUKANIE I ŁUGOWANIE NASION

Płukanie ma na celu oczyszczenie powierzchni nasion. Ługowanie usuwa substancje blokujące kiełkowanie z wnętrza nasion.

Nasiona mają wbudowane mechanizmy spowalniania procesów kiełkowania, pozwalające na przetrzymanie niesprzyjających warunków klimatycznych i glebowych. Jednym z mechanizmów hamujących kiełkowanie jest obecność inhibitorów kiełkowania w okrywie nasiennej [Grzesiuk i Kulka 1981, Jankiewicz 1997]. Właściwość ta uwydatnia się z niejednakowym nasileniem w przypadku różnych gatunków roślin, a nawet odmian tego samego gatunku. W odniesieniu do nasion warzyw baldaszkowatych dotyczy to zwłaszcza pietruszki i selera [Hassell i Kretchman 1997]. Podczas płukania nasion roślin baldaszkowatych z okryw nasiennych usuwane są substancje organiczne i elektrolity. Elektrolity mogą być łatwo oznaczane konduktometrycznie, dostarczając w ten sposób informacji o przebiegu płukania.

Nasiona po procesach odkażania chemicznego lub termicznego są odmywane w zimnej wodzie w aparacie zbiornikowym podczas mieszania powietrzem [Domoradzki i Korpala 2003].

Kiełkowanie kłębków buraka wymytych wodą następuje szybciej niż kłębków niemytych, poprawia się również ich zdolność kiełkowania [Podlaski 2000a].

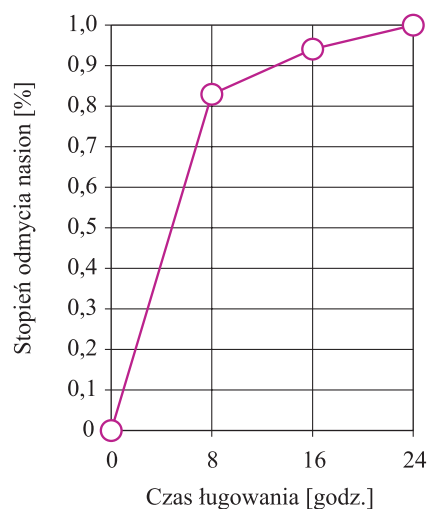
Proces mycia usprawnia dodatek detergentów, które dodatkowo mogą zwiększać szybkość kiełkowania w warunkach ograniczonego nawodnienia. Obszerny wykaz tych substancji ze zwróceniem uwagi na ich fitotoksyczność przedstawili Aksenova i in [1993].

Płukanie i ługowanie materiału siewnego wykonuje się w celu:

- usunięcia zanieczyszczeń mineralnych,
- odmycia środków ochrony roślin zastosowanych przed zbiorem,
- wylugowania inhibitorów kiełkowania z materiału siewnego (pietruszka),
- usunięcia substancji osmotycznie blokujących kiełkowanie nasion,
- usunięcia zarodników grzybów z powierzchni materiału siewnego.

Badania okresowego trzystopniowego ługowania nasion pietruszki, wykonane przez Domoradzkiego i Korpala [2003], pozwalają na obliczenia ługowania nasion ze stopnia na stopień.





Rys. 3.7. Zależność stopnia odmycia nasion pietruszki od liczby stopni ługowania dla 3 stopni po 8 godzin [Domoradzki i in. 2000b]

Obliczenia procesu ługowania przeprowadzono przy założeniu, że nasiona pochłaniają z roztworu tyle wody, ile same ważą [Domoradzki i in. 2003] oraz przy założeniu liniowej zależności przewodnictwa elektrolitycznego roztworu od stężenia wymywanych substancji, co jest prawdziwe przy niskich stężeniach elektrolitów. Daje to w efekcie 100% wynoszenie roztworu i 10% wzrost stężenia substancji wymywanych w roztworze w następnym stopniu ługowania.

Obliczenia prowadzono dla poszczególnych stopni w sekwencji ze stopnia na stopień:

I stopień – koniec:

$$Y_{1k} = a \cdot \ln \tau_1 + b, \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1} \quad (3.34)$$

II stopień – początek:

$$Y_{2p} = 0,1 \cdot Y_{1k}, \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1} \quad (3.35)$$

II stopień – koniec:

$$Y_{2k} = (a \cdot \ln \tau_2 + b) - (a \cdot \ln \tau_1 + b) + Y_{2p}, \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1} \quad (3.36)$$

III stopień – początek

$$Y_{3p} = 0,1 \cdot Y_{2k}, \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1} \quad (3.37)$$

III stopień – koniec:

$$Y_{3k} = (a \cdot \ln \tau_3 + b) - (a \cdot \ln \tau_2 + b) + Y_{3p}, \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1} \quad (3.38)$$

gdzie:

- a, b – stałe równania kinetyki ługowania nasion buraka,
- $\tau_n$  – czas ługowania w kolejnym stopniu ługowania, h,
- $Y_{nk}$  – przewodnictwo końcowe lub miara przebiegu procesu dla n-tego stopnia ługowania po czasie  $\tau_n$ ,  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ,
- $Y_{np}$  – przewodnictwo początkowe lub miara przebiegu procesu dla n-tego stopnia ługowania,  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

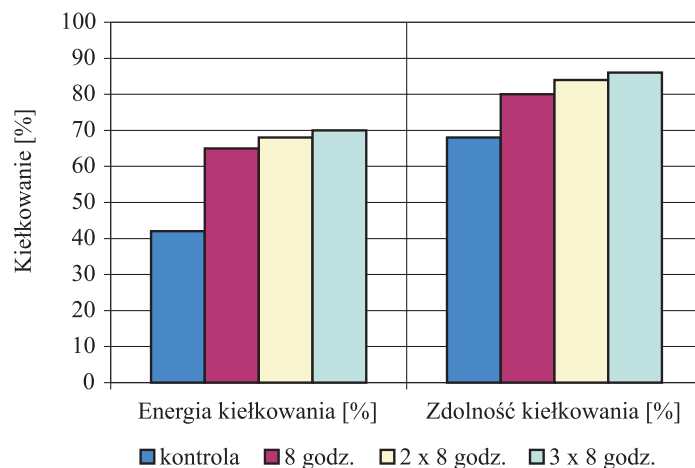
Stopień odmycia nasion zdefiniowano jako iloraz sumy substancji wylugowanej w kolejnych stopniach do łącznej ilości substancji wylugowanej w czasie 24 godzin. Miarą stopnia odmycia w tym przypadku jest iloraz sumy stężeń końcowych lub ich miara po każdym stopniu ługowania do stężenia po 24 godzinach przy tej samej ilości rozpuszczalnika [Ziołkowski 1980].

$$\text{stopień odmycia} = \frac{\sum_{nk}^n Y_{nk}}{Y_{24,k}}, \% \quad (3.39)$$

Ługowanie wpływa na zwiększenie energii i zdolności kiełkowania nasion tym silniej, im wyższy jest stopień odmycia nasion.

Czas ługowania nie może być dłuższy niż:

- ok. 24 godzin dla nasion marchwi,
- ok. 48 godzin dla nasion pietruszki.



Rys. 3.8. Kiełkowanie ługowanych nasion pietruszki [Domoradzki i in. 2000b]

### 3.2.5. ODKAŻANIE TERMICZNE MATERIAŁU SIEWNEGO

Odkazanie termiczne materiału siewnego można przeprowadzić następującymi sposobami:

- w gorącej wodzie,
- w suchym gorącym powietrzu,
- powietrzem nasyconym parą wodną,
- przez ogrzewanie nasion promieniowaniem mikrofalowym,
- promieniowaniem mikrofalowym z parą wodną,
- przez ogrzewanie nasion polem elektromagnetycznym o wysokiej częstotliwości.

Najprostszymi metodami termicznego odkażania nasion są z wymienionych powyżej trzy pierwsze, polegające na wykorzystaniu gorącej wody, gorącego powietrza lub nasyconej pary wodnej.

Badania nad termicznym unieszkodliwianiem bakterii gorącą wodą zapoczątkował Walker [1923]. Odkazanie gorącą wodą jest stosowane w przypadku dużej ilości bakterii, zwłaszcza gdy znajdują się one na powierzchni nasion. Gorąca woda jest natomiast mniej efektywna, gdy bakterie znajdują się wewnątrz dużych nasion [McIntyre i in. 1978, Grondeau i in. 1992].

W wielu przypadkach, w zależności od gatunku i odmiany nasion warzyw, odkażanie gorącą wodą obniża zdolność kiełkowania nasion [Hall i Taylor 1983]. Wyniki innych badań wskazują, że nie ma to wpływu na zdolność kiełkowania [Miller i McWhorter 1984]. Gorąca woda najlepiej odkaża powierzchnię nasion, ale nagrzewając je redukuje też pewną ilość patogenów usytuowanych wewnątrz nich [Baker 1962a, b, 1969, Baker i Kozłowski 1972]. Większość nasion roślin baldaszkowatych jest odkażana w ciepłej wodzie o temperaturze ok. 50°C w czasie 10-30 minut [Domoradzki i Korpala 2002b]. Wydłużenie czasu lub podwyższenie temperatury mogą spowodować pogorszenie jakości nasion [Baker 1962a, b, Sykes 1965, Tarr 1972]. Do wad stosowania tej metody należy zaliczyć niecałkowite zniszczenie grzybów i możliwość zniszczenia nasion [Maude 1996].

W metodzie Walkera [1923] suche nasiona były odkażane w gorącej wodzie. Odkazanie zainfekowanych bakteriami *Rhodococcus fasciens* nasion, które wcześniej zanurzano w zimnej wodzie, dawało lepsze rezultaty. Skuteczność metody potwierdzono w badaniach Bakera [1962a, b]. W procesie mokrej terapii często stosuje się wcześniejsze zanurzenie w zimnej wodzie dla usunięcia powietrza zawartego wewnątrz tkanek nasion [Baker 1972].

Nasiona długo przechowywane mogą ulec deterioracji powodującej obniżenie ich wytrzymałości na działanie podwyższonej temperatury [Baker i Kozłowski 1972].

Według Siegela i in. [1987] metoda odkażania gorącą wodą jest szczególnie skuteczna w odniesieniu do małych nasion, nawet w przypadku głęboko zagnieżdżonych infekcji. Grondeau i in. [1992] uważają, że odkażanie termiczne gorącą wodą jest nieefektywne dla większych nasion zainfekowanych wewnątrz, np. dla nasion grochu zakażonych *Ascochyta pisi*.

Tabela 3.7. Charakterystyka procesów termicznego odkażania nasion [Ahlers 2002]

Charakterystyka	Rodzaj procesu					
	termoterapia gorącą wodą	termoterapia gorącym powietrzem w systemie otwartym	termoterapia gorącym powietrzem w systemie zamkniętym	promieniowanie mikrofalowe	promieniowanie mikrofalowe z parą wodną	ogrzewanie energią elektryczną o wysokiej częstotliwości
Skutecznie niszczy grzyby, nie obniżając zdolności kiełkowania nasion	tak	nie	tak	nie	tak	tak
Konieczny czas procesu	60 minut	–	30 minut	–	3 minuty	10 minut
Temperatura procesu konieczna dla uszkodzenia patogenów*	48-55°C	110-125°C	60-65°C	100-125°C	67-75°C	65-70°C
Temperatura procesu powodująca obniżenie zdolności kiełkowania*	51-55°C	90-100°C	65-70°C	80-100°C	75-80°C	70-75°C
Konieczność suszenia nasion po procesie	tak	nie	nie	nie	nie	nie
Obróbka ciągła dużych partii	tak	tak	nie	tak	(tak)**	tak
Dotarcie do głębokich warstw	tak	nie	nie	(tak)**	nie	tak
Niezawodność procesu (możliwa zmienność temperatury i czasu)	niska	–	bardzo wysoka	–	wysoka	wysoka
Obróbka produktów czułych na wilgoć	nie	tak	tak	tak	tak	tak

\* przy 15% zawartości wody

\*\* oznacza częściowo pozytywną odpowiedź

Zakażenia grzybowe nasion warzyw baldaszkowatych usuwa się stosując następujące parametry czasu i temperatury odkażania:

- pietruszka            50°C    przez 30 minut,
- marchew             50°C    przez 20 minut [Ellis i Bradley 1996],
- inne warzywa        50°C    przez 15 do 20 minut [Nesmith 1994].

Dokładniejszą charakterystykę operacji odkażania termicznego nasion przedstawiono w tabeli 3.7 [Ahlers 2002]. Jest to zestawienie badań wykonywanych dla roślin rolniczych w ramach grantów Unii Europejskiej.

Z zestawienia wynika, że odkażanie ekologicznych nasion warzyw można w praktyce przemysłowej wykonać dwiema metodami: w gorącej wodzie i powietrzem nasyconym parą wodną (termoterapia gorącym powietrzem w systemie zamkniętym).

Oodkażanie parą wodną zainfekowanych nasion zostało zbadane przez Bakera [1962a, b, 1969]. Jest ono procesem pośrednim pomiędzy odkażaniem gorącą wodą i suchym, gorącym powietrzem. Polega na wprowadzeniu pary wodnej do strumienia zimnego powietrza, co powoduje podwyższenie jego temperatury do określonego poziomu. Zazwyczaj proces prowadzi się w temperaturze 56-57°C w ciągu 30 minut. Metoda ta może być stosowana do likwidacji patogenów grzybowych i bakteryjnych.

Trwają badania nad zastosowaniem w rolnictwie ekologicznym odkażania mikrofalowego nasion i prądami o wysokiej częstotliwości [Domoradzki i Kaniowska 2008].

### 3.2.6. OTOCZKOWANIE I INKRUSTOWANIE NASION

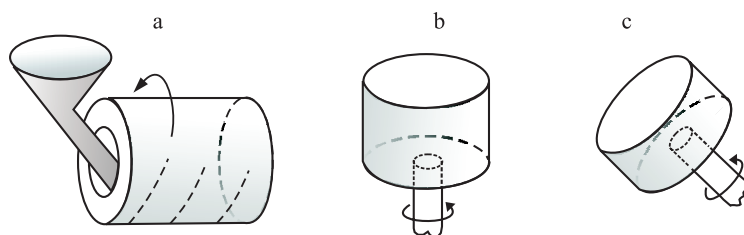
Otoczkowanie to proces pokrywania różnymi materiałami nasion w celu ich powiększenia i poprawy kształtu.

Inkrustacja polega na dokładnym pokryciu nasion cienką warstwą substancji z zachowaniem oryginalnego kształtu nasion.

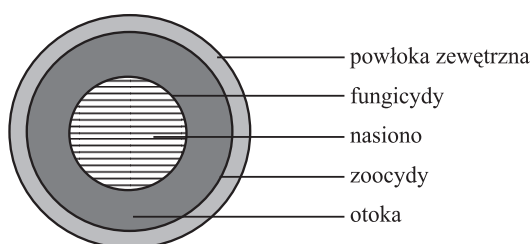
W obydwu przypadkach mogą być dodawane chemiczne środki ochrony roślin, nawozy i substancje pomocnicze.

Są to operacje z zakresu granulacji aglomeracyjnej, która jest powszechnie stosowana w przemyśle farmaceutycznym [Capes i Danckwerts 1965a, b]. Najczęściej wykorzystywane urządzenia do otoczkowania nasion przedstawiono na rysunku 3.9. Są to mieszalniki: bębnowe, obrotowe i talerze granulacyjne [Kłasiński i Griszajew 1989].

Otoczkowanie nasion miało pierwotnie na celu tylko powiększenie nasion i poprawienie ich właściwości balistycznych dla ułatwienia wysiewu. Problemy równomiernego wysiewu nasion warzyw omówili Kowalczyk i Zarajczyk [2006a, b]. Z czasem zaczęto do otoczek dodawać nawozy donasienne, pestycydy, stymulatory wzrostu, generatory tlenu, powłoki wchłaniające wodę lub filtry blokujące dostęp wody do nasion.



Rys. 3.9. Schemat najczęściej stosowanych granulatorów do otoczkowania: a – bęben, b – mieszalnik obrotowy, c – talerz



Rys. 3.10. Schemat budowy nasiona otoczkowanego [Domoradzki i Korpala 2001b]

Z chwilą powstania rolnictwa ekologicznego proces otoczkowania zastosowano do zabezpieczenia nasion przed atakiem patogenów glebowych.

Umożliwia on także umieszczenie w otoczce mikroorganizmów pożytecznych. Technika otoczkowania nasion została wyczerpująco opisana przez Domoradzkiego [1978], Domoradzkiego i Błasińskiego [1981], Domoradzkiego i in. [2000a, 2001, 2007, 2008], Domoradzkiego i Korpala [2001a, b, 2005b, 2008] oraz Domoradzkiego i Holcmana [2004]. Przy doborze składników otoczki należy uwzględnić niesprzyjające warunki w glebie w czasie wschodów. W trakcie otoczkowania można dodawać też do nasion substancje naturalne, wpływające korzystnie na kiełkowanie i wzrost siewek [Domoradzki i Holcman 2004, Domoradzki i Korpala 2005b].

Otoczka pozwala na wprowadzenie mikroorganizmów wraz z dodatkami umożliwiającymi ich przeżycie i rozwój wraz z kiełkującymi nasionami [Tonkin 1979, 1984].

### Otoczkowanie nasion

Operacja sprowadza się do naniesienia i zamocowania na nasionach materiału mineralnego lub organicznego, np. torfu. Tak przygotowana i zbudowana granula nasienna ma wiele zalet [Domoradzki i Holcman 2004]:

- ułatwia wysiew gatunków o nasionach drobnych i zastosowanie siewnika punktowego,
- pozwala na regularne rozmieszczenie roślin w rzędzie,
- zapewnia roślinie korzystne warunki we wczesnej fazie wzrostu przez stworzenie bariery chroniącej kielki przed atakiem patogenów glebowych.

Efekty agrotechniczne otoczkowania to:

- wyrównane wschody polowe,
- eliminacja pracochłonnego przerywania roślin,
- ominięcie przygotowywania rozsad i pikowania,
- równomierne pokrycie plantacji roślinami, co wpływa na jakość i wielkość plonu.

Szczegółowy opis zalet, wad i efektów agrotechnicznych użycia nasion otoczkowanych przedstawiono w dwóch obszernych artykułach przeglądowych obejmujących literaturę do 1984 roku [Tonkin 1979, 1984]. W obecnym okresie otoczkowanie nasion stało się dziedziną wysoce skomercjalizowaną.

Techniki siewu i granulacji osiągnęły obecnie taki poziom rozwoju, że umożliwiają właściwe rozmieszczenie roślin na plantacji [Kowalczyk i Zarajczyk 2006a, b], chronią przed grzybami i szkodnikami, zmniejszając tym samym zanieczyszczenie środowiska naturalnego pod warunkiem stosowania do otoczkowania materiałów biodegradowalnych, a zwłaszcza naturalnych.

### **3.3. UZASADNIENIE PODJĘCIA BADAŃ**

Stan dotychczasowej wiedzy nie pozwala na stworzenie kompleksowej technologii pozbiorowej obróbki nasion ekologicznych ze względu na jej fragmentaryczność. Wymaga to dalszych badań i uzupełnień. Do niedawna prowadzono badania nad ochroną roślin, nie w pełni dbając o wpływ stosowanych środków chemicznych na środowisko naturalne człowieka. Łatwe ich stosowanie i wysoka skuteczność spowodowały przerwanie prac nad niechemicznymi sposobami ochrony roślin. Postępująca degradacja środowiska naturalnego wymusza prawne ograniczenia, a w przyszłości może nawet spowodować zakaz stosowania chemicznych organicznych środków ochrony roślin także w rolnictwie konwencjonalnym.

W tej sytuacji jedynym wyjściem jest powrót do znanych z przeszłości metod i poszukiwanie nowych rozwiązań ochrony roślin sposobami przyjaznymi dla środowiska. Z dostępnej literatury wynika, że możliwe jest zastosowanie omówionych wcześniej metod.

Różnorodność uprawianych gatunków warzyw i ich specyfika dodatkowo komplikują technologie uszlachetniania materiału siewnego. Brak jest opisów operacji technologicznych, a zwłaszcza operacji złożonych uszlachetniania materiału siewnego. Stan ten wynika z braku badań lub tajemnic komercyjnych.

Obecnie na rynku brak maszyn i urządzeń oraz technologii stworzonych specjalnie dla potrzeb nasiennictwa ekologicznego i dostosowanych do przerobu małych partii materiału siewnego roślin warzywnych.

## **4. PROBLEMY, HIPOTEZY I ZAŁOŻENIA BADAWCZE**

### **4.1. PROBLEMY**

Przyszłość rolnictwa zależy od ograniczenia stosowania chemicznych środków ochrony roślin. Rozwijane obecnie metody wykorzystywane w rolnictwie ekologicznym zostaną w przyszłości zastosowane w rolnictwie konwencjonalnym. Materiał siewny staje się ekologicznym materiałem siewnym, jeżeli jest uzyskany w gospodarstwie ekologicznym co najmniej przez jedno pokolenie, a w przypadku roślin dwuletnich – przynajmniej przez dwa sezony wegetacyjne.

Ekologiczna technologia produkcji nasiennej w ogólnym zarysie nie odbiega od konwencjonalnych metod pozyskiwania nasion. Różnice dotyczą szczegółów, wynikających z odrębnego podejścia do ochrony roślin i nasiennictwa ekologicznego i wymagających w związku z tym specjalistycznej wiedzy. Prace badawcze powinny iść w takim kierunku, aby spowodować wzrost odporności roślin poprzez zastosowanie naturalnego wroga patogenów.

Nasiennictwo ekologiczne charakteryzuje się odmiennymi niż rolnictwo konwencjonalne sposobami nawożenia i ochrony upraw. Stosuje się przeważnie mechaniczne zwalczanie chwastów. Trzeba również posiadać rozległą wiedzę przyrodniczą.

Niezbędne wydaje się utworzenie sieci nasiennych gospodarstw ekologicznych dysponujących elitarnymi materiałami siewnymi z ekologicznych stacji hodowlanych. Takie stacje powinny powstać jak najszybciej.

Należy wspomnieć o ochronie roślin w rolnictwie konwencjonalnym. Dyskutowana w Unii Europejskiej Strategia Tematyczna w Sprawie Zrównoważonego Stosowania Pestycydów nakłada, także na Polskę, obowiązek zminimalizowania niebezpieczeństw zagrażających zdrowiu ludzi i środowisku przez wprowadzenie zakazu stosowania chemicznych środków ochrony roślin noszących znamiona niebezpiecznych dla środowiska [Pruszyński 2008]. W tej sytuacji ochrona roślin w rolnictwie konwencjonalnym i ekologicznym natrafia na te same problemy, zatem istnieje potrzeba poszukiwania nowych wspólnych sposobów ich rozwiązania.

### **4.2. HIPOTEZY BADAWCZE**

Na podstawie przeprowadzonej analizy stanu wiedzy można sformułować następujące hipotezy badawcze dla nasion roślin baldaszkowatych:

1. Możliwe jest opracowanie kompleksowej technologii przygotowania do siewu nasion dla plantacji ekologicznych bez użycia chemicznych organicznych środków ochrony roślin.
2. Możliwa jest pozbiorowa obróbka nasion z niechronionych plantacji ekologicznych w celu pozyskania materiału siewnego o jakości zgodnej z obowiązującymi wymaganiami nasiennymi [Dz. U. Nr 29 z 01.02.2007 r. poz. 189].



3. Możliwe jest opracowanie metod, a także skonstruowanie aparatów i maszyn do obróbki pozbiorowej nasion dla ekologicznych gospodarstw nasiennych oraz ekologicznych przedsiębiorstw nasiennych.

#### **4.3. ZAŁOŻENIA BADAWCZE**

1. Nasiona ekologiczne będą przygotowywane w oparciu o elitarny materiał nasienny ze stacji hodowlanych. Po rozmnożeniu na plantacji ekologicznej nabywają one status nasion ekologicznych:
  - w przypadku roślin jednorocznych – po roku uprawy,
  - w przypadku roślin dwuletnich – po dwóch latach uprawy.
2. W celu pozyskania zdrowych roślin na plantacji ekologicznej nasiona należy poddać obróbce, aby uzyskać materiał siewny wolny od patogenów oraz zabezpieczyć go przed atakiem patogenów odglebowych. Nasiona ekologiczne powinny spełniać wymagania dla danego gatunku roślin.
3. Weryfikacja przydatności opracowanych poszczególnych operacji i modeli aparatów będzie następowała na podstawie zdefiniowanych parametrów jakościowych nasion.

## **5. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES PRACY**

### **5.1. PRZEDMIOT PRACY**

Przedmiotem pracy jest opracowanie technologii pozbiorowej obróbki nasion warzyw w celu przygotowania materiału siewnego na plantacje ekologiczne na przykładzie wybranych nasion roślin baldaszkowatych.

### **5.2. CEL PRACY**

Celem pracy było:

- wyjaśnienie wpływu podstawowych operacji technologicznych pozbiorowej obróbki nasion warzyw na jakość materiału siewnego przeznaczonego do siewu na plantacjach ekologicznych,
- doskonalenie badanej technologii z uwzględnieniem nowych metod obróbki nasion zgodnie z wymaganiami rolnictwa ekologicznego,
- opracowanie wytycznych urządzeń technicznych dla nowej, kompleksowej technologii obróbki nasion.

### **5.3. ZAKRES PRACY**

1. Do badań wybrano nasiona roślin baldaszkowatych:

- kopru odmiany Szmaragd,
- marchwi odmiany Perfekcja,
- pietruszki odmiany Ołomuńka.

Uprawa marchwi zajmuje w Polsce drugie miejsce, po kapuście. Jej produkcja w 2009 r. wyniosła 913 tys. ton [Mały rocznik statystyczny 2010]. Wybór powyższych gatunków do badań jest uzasadniony dużym spożyciem warzyw roślin baldaszkowatych i stosunkowo wysoką ceną nasion.

2. Wybrane metody obróbki nasion:

- suszenie w celu obniżenia wilgotności dla zatrzymania procesów życiowych i namnażania patogenów,
- kalibracja umożliwiająca wydzielenie i usunięcie frakcji niespełniających wymagań jakościowych,
- ługowanie i płukanie nasion w celu usunięcia inhibitorów kiełkowania, zanieczyszczeń osmotycznych i zarodników grzybów,
- termoterapia nasion w celu oczyszczenia nasion z mikroorganizmów patogenicznych,
- zaprawianie nasion preparatami ekologicznymi i mikroorganizmami,
- otoczkowanie nasion w celu ułatwienia wysiewu nasion i zabezpieczenia ich przed atakiem patogenów glebowych oraz ulokowanie w materiale otoczki pożytecznych mikroorganizmów w postaci zarodników wybranych grzybów.

## 6. OGÓLNA METODYKA BADAŃ

1. Do badań wybrano nasiona roślin baldaszkowatych: marchwi i pietruszki (przedstawiciele roślin dwuletних) oraz kopru (przedstawiciela roślin jednorocznych) ze względu na ich duży udział w żywieniu ludzi w naszym kraju.
2. Metody badań wybranych operacji były modyfikowane w stosunku do metod ogólnie przyjętych i stosowanych w badaniach:
  - a) suszenie – szybkie wysuszenie nasion mokrych, zawierających około 50% wody, w niskich temperaturach wymaga dużego przepływu czynnika suszącego, co powoduje przekroczenie prędkości wywiewania nasion z komory suszarki. Aby temu zapobiec zastosowano odwrócony przepływ powietrza przez warstwę nasion „od góry do dołu”. Zmiana objętości nasion w czasie suszenia powoduje konieczność uwzględnienia tego parametru do obliczeń jednostkowego oporu przepływu przez ich warstwę,
  - b) kalibracja nasion – jest operacją przesiewania, podczas której stosuje się przeważnie sита o średnicy oczek malejącej w ciągu logarytmicznym. Dla nasion warzyw baldaszkowatych zastosowano sита o średnicy oczek malejącej w ciągu arytmetycznym od 4,0 do 0,8 mm – co 0,2 mm,
  - c) płukanie i ługowanie – są operacjami znanymi w technologii chemicznej. Ze względu na dużą szybkość ługowania nasion poszukiwano metod pozwalających śledzić proces ługowania. Wybrano pomiar przewodnictwa elektrycznego wodnego roztworu ługującego oraz oznaczanie substancji rozpuszczonej podlegających utlenianiu przez miareczkowanie roztworem  $\text{KMnO}_4$ ,
  - d) termoterapia nasion w gorącej wodzie polega na zniszczeniu patogenów w materiale siewnym poprzez działanie wysokiej temperatury w zakresie około 50°C. Powrót do tej technologii wymagał powtórzenia badań wykonanych w latach wcześniejszych w celu uściślenia temperatury i czasu obróbki nasion poszczególnych gatunków roślin baldaszkowatych,
  - e) zaprawianie substancjami dopuszczonymi do stosowania w rolnictwie ekologicznym nie odbiega od metod znanych i wykorzystywanych w rolnictwie konwencjonalnym. Polega na mieszaniu zwilżonych nasion z zaprawami w mieszalniku dowolnej konstrukcji,
  - f) granulacja stosowana do otoczkowania nasion – jest operacją nową; wykorzystane metodyki zostały szczegółowo omówione w części poświęconej otoczkowaniu nasion.
3. Przygotowanie nasion do wysiewu na plantacji ekologicznej obejmowało: kalibrację nasion, odkażanie termiczne połączone z ługowaniem oraz ich otoczkowanie.
4. Do badań wazonowych i polowych użyto nasion:
  - kontrolnych (nieuszlachetnionych),
  - odkażanych termicznie,
  - kontrolnych otoczkowanych (nieodkażanych),

- odkażanych termicznie i otoczkowanych,
  - odkażanych termicznie i otoczkowanych z dodatkiem różnych zapraw ekologicznych i pożytecznych mikroorganizmów:
    - Chitosan,
    - *Trichoderma viride*,
    - *Pythium oligandrum* (Polyversum).
5. Weryfikacja poszczególnych operacji i procesów następowała na podstawie parametrów nasion oznaczanych według znanych metod i norm:
- PN-C-04501. Analiza sitowa. Wytyczne wykonywania
  - PN-EN 13041:2009. Środki poprawiające glebę i podłoża uprawowe. Oznaczanie właściwości fizycznych. Gęstość objętościowa suchej próbki, pojemność powietrzna, pojemność wodna, kurczliwość i porowatość ogólna
  - PN-EN 24497: 1999. Oznaczanie wielkości cząstek przez przesiewanie na sucho
  - PN-EN ISO 8502-9: 2002. Terenowa metoda konduktometrycznego oznaczania soli rozpuszczalnych w wodzie
  - PN-ISO 21527-2: 2009. Ziarno zbóż, nasiona roślin strączkowych i produkty z nich otrzymane. Oznaczanie liczby bakterii, drożdży i pleśni
  - PN-ISO 2591-1: 2000. Analiza sitowa. Metody z zastosowaniem sit kontrolnych z tkaniny, z drutu i z blachy perforowanej
  - PN-R-65023: 1973. Materiał siewny. Nasiona roślin rolniczych
  - PN-R-67009: 1997. Materiał siewny. Nasiona roślin zielarskich
  - PN-R-67050: 1996. Materiał siewny. Nasiona roślin warzywnych
  - PN-R-71603: 1994. Materiał siewny. Pobieranie próbek nasion
  - PN-R-65950: 1994. Materiał siewny. Metody badań
    - czystość,
    - energia i zdolność kiełkowania nasion,
    - wskaźnik zasiedlenia nasion grzybami – WZG,
    - wilgotność nasion,
    - nasiona kiełkujące nienormalnie,
    - pojemność wodna podłoża do kiełkowania.
  - energia i zdolność kiełkowania nasion otoczkowanych – zgodnie z metodyką, którą opracował Belotti [1973] i uściślił Domoradzki [1999],
  - analiza mikologiczna – według metodyki przyjętej w mikologii na podłożu PDA [Burbianka i in. 1983, Schlegel 1996],
  - identyfikacja grzybów zasiedlających nasiona – za pomocą kluczy mikologicznych [Kochman 1986],
  - liczba jednostek tworzących kolonię (jtk) – obliczono metodami stosowanymi w mikrobiologii [Schlegel 1996].
6. Do wykonania badań poszczególnych operacji technologicznych zaprojektowano, zbudowano i przebadano niżej wymienione modele aparatów będących stanowiskami do wykonania badań laboratoryjnych:
- suszarkę konwekcyjną do nasion z przepływem ciepłego powietrza,

- wielopokładowy kalibrator wibracyjny,
  - aparat do płukania i ługowania nasion,
  - aparat do termicznego odkażania nasion,
  - granulator talerzowy do otoczkowania nasion.
7. Nasiona zebrane z plantacji ekologicznej poddawano kolejnym operacjom technologicznym w zbudowanej aparaturze badawczej i po każdej czynności wykonywano badania zgodności parametrów nasion z normą PN-R-65950.
  8. Szczegółowa metodyka prowadzonych badań zależała od rodzaju wykonywanych eksperymentów i została przedstawiona przy opisywaniu dokładnych metodyk poszczególnych operacji technologicznych.

Badania zrealizowano w Katedrze Technologii i Aparatury Przemysłu Chemicznego i Spożywczego UTP w Bydgoszczy przy współpracy Katedry Fitopatologii UTP w Bydgoszczy, Katedry Mikrobiologii Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, która na potrzeby eksperymentu produkowała zarodniki *Trichoderma viride*, Gospodarstwa Ekologicznego w Kiełpinie, gdzie założono nasienne plantacje ekologiczne (Agro-Biotest RE 07/2002/pl. certyfikat nr 93077A) oraz Przedsiębiorstwa Nasiennictwa Ogrodniczego i Szkółkarstwa w Ożarowie Mazowieckim, na którego terenie wdrażano opracowane technologie.

## 7. WYNIKI BADAŃ WŁASNYCH I DYSKUSJA

W pierwszym roku skupiono się na badaniach technologii przygotowania do siewu nasion roślin baldaszkowatych, które wykonywano:

- a) w warunkach laboratoryjnych w małej skali,
- b) podczas badań modeli w hali technologicznej,
- c) na plantacji ekologicznej.

Przeprowadzone prace wstępne pozwoliły na zaprojektowanie i wykonanie modeli urządzeń badawczych i wytypowanie osprzętu towarzyszącego, przedstawionych na fotografiach 1-12.

Modele aparatury badawczej:

- 1) reaktory do ługowania i płukania nasion (fot. 1),
- 2) kalibratory do nasion (fot. 5, 2, 6),
- 3) suszarnia do nasion (fot. 3) z sitami (fot. 8),
- 4) suszarnie do nasion otoczkowanych (fot. 4),
- 5) suszarki konwekcyjne do nasion (fot. 7),
- 6) aparaty do otoczkowania nasion (fot. 9, 10),
- 7) aparatura do odkażania termicznego nasion (fot. 11),
- 8) aparatura do termoterapii (fot. 12).

W pracy omówiono operacje, procesy i modele aparatów w kolejności ich stosowania zgodnie z opracowywaną technologią.

### 7.1. KALIBRACJA NASION

Przeprowadzono laboratoryjną analizę sitową, określając zdolność kiełkowania poszczególnych frakcji nasion.

#### 7.1.1. ANALIZA SITOWA WYBRANYCH GATUNKÓW NASION ROŚLIN BALDASZKOWATYCH

Do analizy sitowej wybrano nasiona marchwi odmiany Perfekcja, pietruszki odmiany Ołomuńska i kopru odmiany Szmaragd o wilgotności poniżej 10%, uzyskane z hodowli konwencjonalnej [Domoradzki i in. 2005].

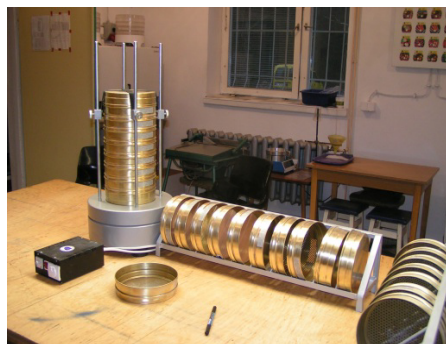
##### Metodyka kalibracji

Nasiona przesiewano na zestawie sit laboratoryjnych blaszanych z otworami okrągłymi o średnicach od 0,8 do 4,0 mm. Analizę wykonywano ręcznie. Próbkę nasion pobierano zgodnie z normą PN-R 71603 w ilości 100 g i przesiewano w przesiewaczu laboratoryjnym (rys. 2), notując wielkość otworu sita i masę nasion na sicie. Wyniki analizy zapisywano w tabeli i obliczano udział poszczególnych frakcji w próbce. Z każdej frakcji nasion pobierano próbę i kiełkowano na bibułach, zgodnie z PN-R-65950. Wyniki zestawiono na rysunkach 7.1-7.3 oraz w tabelach 7.1-7.3.

Tabela I. Aparatura laboratoryjna i badawcza do obróbki nasion  
(fot. Domoradzki 2011)



Fot. 1. Reaktory laboratoryjne do mycia i ługowania nasion



Fot. 2. Aparatura do analizy sitowej nasion



Fot. 3. Suszarki laboratoryjne do nasion



Fot. 4. Suszarnie do nasion otoczkowanych



Fot. 5. Model kalibratora wielopokładowego z wibratorami bocznymi



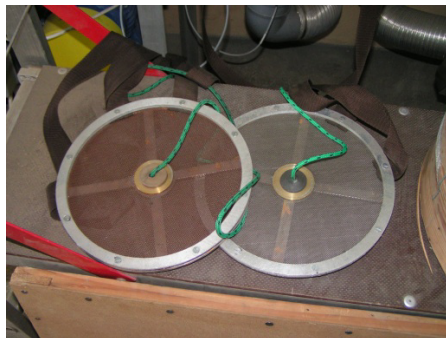
Fot. 6. Sita wymienne do kalibratora



Tabela II. Aparatura badawcza do obróbki nasion (fot. Domoradzki 2011)



Fot. 7. Suszarnie konwekcyjne z wymuszonym przepływem powietrza



Fot. 8. Sita do suszarek



Fot. 9. Granulatory do otoczkowania nasion



Fot. 10. Otoczkowanie nasion

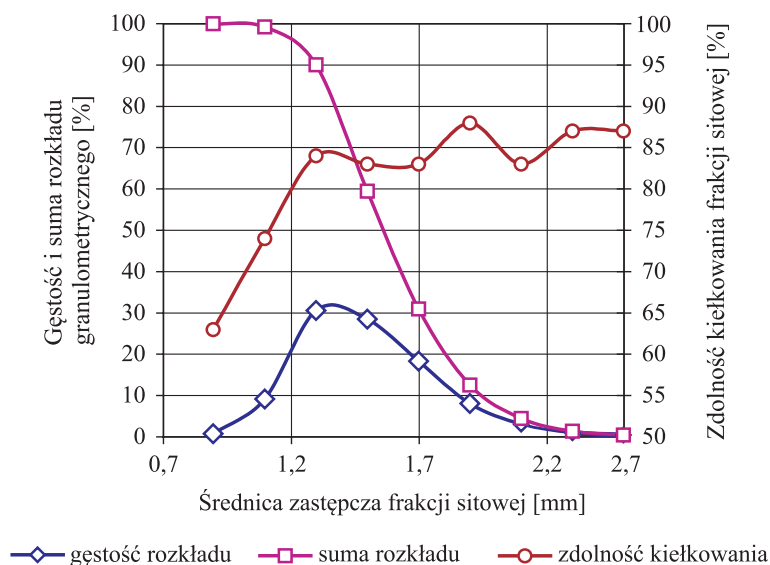


Fot. 11. Aparatura do mycia nasion



Fot. 12. Aparatura do termoterapii





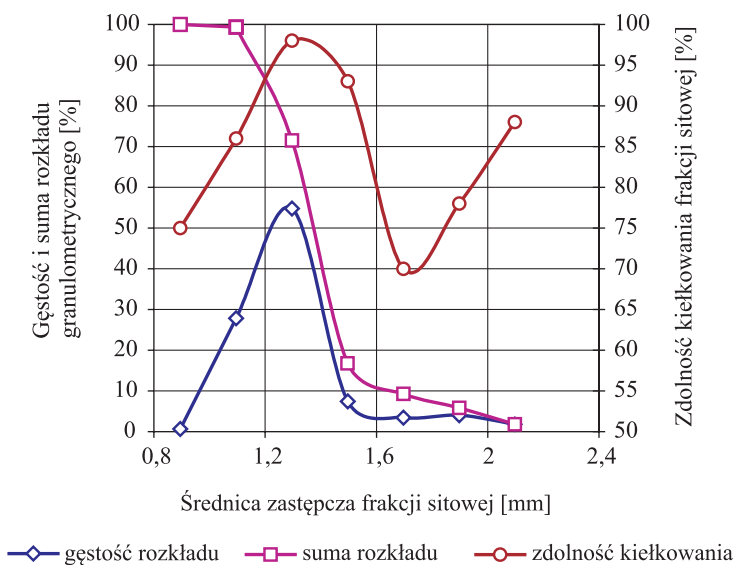
Rys. 7.1. Analiza sitowa oraz zdolność kiełkowania frakcji nasion marchwi Perfekcja

Tabela 7.1. Analiza sitowa nasion marchwi odmiany Perfekcja o zdolności kiełkowania 87%

Lp.	Średnica oczka sita [mm]	Średnica zastępcza frakcji [mm]	Gęstość rozkładu	Suma rozkładu		Zdolność kiełkowania
				[%]		
	2,6			0		
1	2,4	2,50	0,43	0,43		87
2	2,2	2,30	0,98	1,41		87
3	2,0	2,10	3,09	4,50		83
4	1,8	1,90	8,09	12,59		88
5	1,6	1,70	18,35	30,94		83
6	1,4	1,50	28,54	59,47		83
7	1,2	1,30	30,58	90,05		84
8	1,0	1,10	9,18	99,22		74
9	0,8	0,90	0,78	100,00		63

Analizując gęstość rozkładu granulometrycznego nasion marchwi odmiany Perfekcja można stwierdzić, że nasiona frakcji 1,3 mm występują w zbiorze w ilości ok. 30%, frakcji 1,5 mm w ilości ok. 29% i frakcji 1,7 mm w ilości ok. 18%, stanowiąc łącznie ok. 77% nasion o zdolności kiełkowania nie mniejszej niż 83%. Zdolność kiełkowania frakcji powyżej średnicy zastępczej – 1,9 mm – jest największa – ok. 87%. W zbiorze jest ok. 12% nasion tej frakcji. Frakcje najdrobniejsze, o średnicy zastępczej poniżej 1,1 mm, mają niską zdolność kiełkowania i występują w niewielkiej ilości – ok. 10%. Analiza sitowa wskazuje na możliwość wybrania ze zbioru nasion marchwi odmiany Perfekcja frakcji

o zdolności kiełkowania ok. 83%, a także wydzielenie frakcji o zdolności kiełkowania 88%, której jest w zbiorze 8%.



Rys. 7.2. Analiza sitowa oraz zdolność kiełkowania frakcji nasion pietruszki Ołomuńska

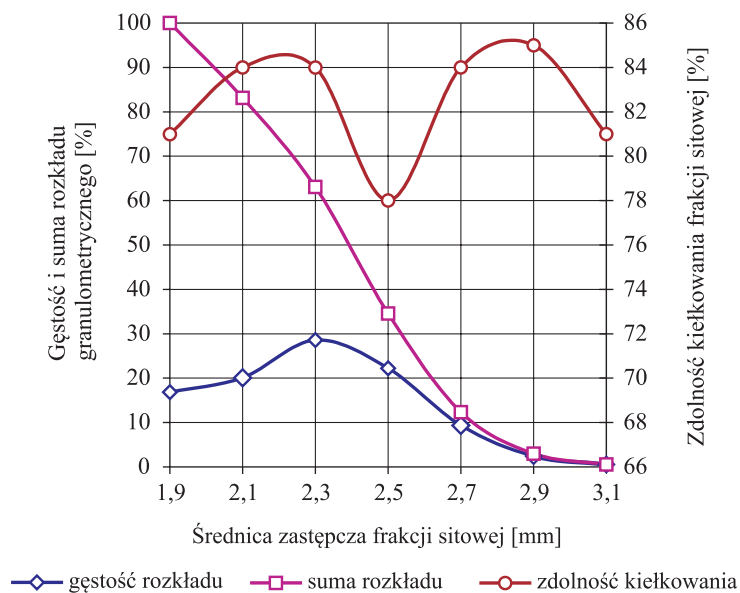
Tabela 7.2. Analiza sitowa nasion pietruszki odmiany Ołomuńska o zdolności kiełkowania 87%

Lp.	Średnica oczka sita [mm]	Średnica zastępcza frakcji [mm]	Gęstość rozkładu	Suma rozkładu		Zdolność kiełkowania
				[%]		
	2,2					
1	2,0	2,10	1,81	1,8		88
2	1,8	1,90	4,03	5,85		78
3	1,6	1,70	3,47	9,32		70
4	1,4	1,50	7,44	16,76		93
5	1,2	1,30	54,77	71,53		98
6	1,0	1,10	27,83	99,36		86
7	0,8	0,90	0,64	100,00		75

Na podstawie gęstości rozkładu granulometrycznego można stwierdzić, że w zbiorze nasion pietruszki odmiany Ołomuńska najwięcej – ok. 55% – to nasiona o średnicy zastępczej 1,3 mm i zdolności kiełkowania powyżej 98%.

Z partii nasion należy usunąć frakcje, które są na granicy normowej zdolności kiełkowania, a więc frakcję 0,9 mm o zdolności kiełkowania 75% i frakcję 1,7 mm o zdolności kiełkowania 70%. Łączna zawartość tych frakcji w zbiorze nasion wynosi ok. 4%.

W zbiorze znajduje się ok. 8% nasion frakcji o niskiej zdolności kiełkowania, tzn. poniżej 78% (frakcje 0,9 mm, 1,7 mm, 1,9 mm).



Rys. 7.3. Analiza sitowa oraz zdolność kiełkowania frakcji nasion kopru Smaragd

Tabela 7.3. Analiza sitowa nasion kopru odmiany Smaragd o zdolności kiełkowania 84%

Lp.	Średnica oczka sita [mm]	Średnica zastępcza frakcji [mm]	Gęstość rozkładu	Suma rozkładu	Zdolność kiełkowania
1	3,0	3,1	0,55	0,55	81
2	2,8	2,9	2,44	2,99	85
3	2,6	2,7	9,32	12,31	84
4	2,4	2,5	22,22	34,53	78
5	2,2	2,3	28,55	63,08	84
6	2,0	2,1	20,07	83,15	84
7	1,8	1,9	16,85	100,00	81

Analizując gęstość rozkładu granulometrycznego nasion kopru odmiany Smaragd, można stwierdzić, że zdolność kiełkowania nasion o średnicach zastępczych od 1,9 do 3,1 mm zmienia się od 78 do 85%, jest więc wysoka. Udział poszczególnych frakcji jest wyrównany i nie przekracza 27%. Kalibracja poprawiająca jakość nasion jest, z punktu widzenia norm handlowych, w tym przypadku niecelowa.

Drobne nasiona marchwi i pietruszki kiełkują słabo. Nasion dorodnych w zbiorze jest stosunkowo mało, a ich parametry kiełkowania są przeważnie wyższe od wartości średniej, chociaż zdarza się i tak, że tylko jedna lub dwie frakcje są niezgodne z normą.

Na podstawie wyników laboratoryjnych analizy sitowej wybrano zestaw sit do kalibracji badanych partii nasion roślin baldaszkowatych: marchwi, pietruszki i kopru (tab. 7.4).

Tabela 7.4. Dobór sit do kalibracji nasion warzyw baldaszkowatych

Lp.	Gatunek	Numer kolejnego sita w kalibratorze								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Średnica oczka sita [mm]								
1	Marchew	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
2	Pietruszka	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
3	Koper	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2

### 7.1.2. BUDOWA MODELU PRZESIEWACZA WIBRACYJNEGO

W przemyśle nasiennym brak jest małych i wydajnych maszyn do kalibracji nasion. Ze względu na to, że sprawność przesiewania zwiększa się wraz z długością drogi nasion na sicie, problemem jest pogodzenie wydłużenia tej drogi z postulowanymi niewielkimi gabarytami urządzenia.

Dla rozdziału nasion roślin baldaszkowatych na frakcje według największego wymiaru należy zastosować sita blaszane o otworach okrągłych o wielkości od 0,8 do 4,0 mm w ciągu co 0,2 mm (fot. 6). Ważnym wymogiem jest zmniejszenie podrzutu nasion na sicie. Kalibrator powinien mieć 7 do 8 pokładów sitowych.

Rozwiązaniem okazał się model wielopokładowego przesiewacza wibracyjnego z wibratorami bocznymi (rys. 3.6, fot. 5), umożliwiającymi obieg spiralny nasion po sicie. Zastosowany napęd dwoma (ustawionymi pod kątem) wibratorami elektrycznymi pozwala na regulację drgań pionowych sita. Na metalowej podstawie przesiewacza zamontowano kolumnę o średnicy 600 mm, złożoną z sit z urządzeniami do ich czyszczenia, wspartą na 12 sprężynach. Przez wysypy następuje odprowadzanie materiału z sit do odbieralników frakcji. Kolumnę zakrywa płaska pokrywa z króćcami umożliwiającymi zamocowanie dozownika nasion.

Wyniki przeprowadzonych badań wydajności przepływu nasion na elementach konstrukcyjnych kalibratora pozwoliły na stwierdzenie, że limitującym elementem wydajności przesiewacza jest sito o najmniejszej średnicy otworów lub najbardziej obciążone nasionami. Dopuszczalny strumień masowy dozowania nasion marchwi i kopru ustalono w tym kalibratorze na około  $10 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ , a nasion pietruszki na około  $15 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ .

### 7.1.3. BADANIA KALIBRACJI NASION W MODELOWYM PRZESIEWACZU WIBRACYJNYM

#### Material

W celu sprawdzenia działania modelu przesiewacza wibracyjnego wykonano analizę sitową nasion i kalibrację elitarnego materiału siewnego przeznaczonych do wysiewu na ekologicznej plantacji nasiennej. Do badań użyto materiału kwalifikowanego marchwi Perfekcja o zdolności kiełkowania 87%, pietruszki Ołomuńcka o zdolności kiełkowania 87% i kopru Szmaragd o zdolności kiełkowania 84%.

Dostarczony hodowlany materiał nasienny w ilości 8 kg każdego gatunku rozdzielono na frakcje sitowe.

#### Metodyka

Blok sit w kalibratorze zestawiono według danych z tabeli 7.4. Na pokrywie zamocowano dozownik nasion podający nasiona z masowym strumieniem dozowania – około  $10 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ . Nasiona odbierano z poszczególnych pokładów do oddzielnych pojemników. Poszczególne frakcje nasion po kalibracji analizowano, oznaczając masę 1000 nasion, licznosc oraz energie i zdolność kiełkowania. Wyniki analiz kalibracji zestawiono w tabelach 7.5-7.7.

Dla zastosowanego masowego strumienia dozowania do kalibratora modelowego  $10 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$  (dla nasion marchwi, pietruszki i kopru) uzyskano wyniki pokrywające się z wynikami analizy sitowej (rys. 7.4-7.6). Świadczy to o poprawności pracy aparatury modelowej, ale także o dokładności wykonywanych pomiarów kiełkowania nasion. Wyniki przedstawiono w tabelach 7.5-7.7 i na rysunkach 7.4-7.6.

Tabela 7.5. Kalibracja nasion marchwi odmiany Perfekcja

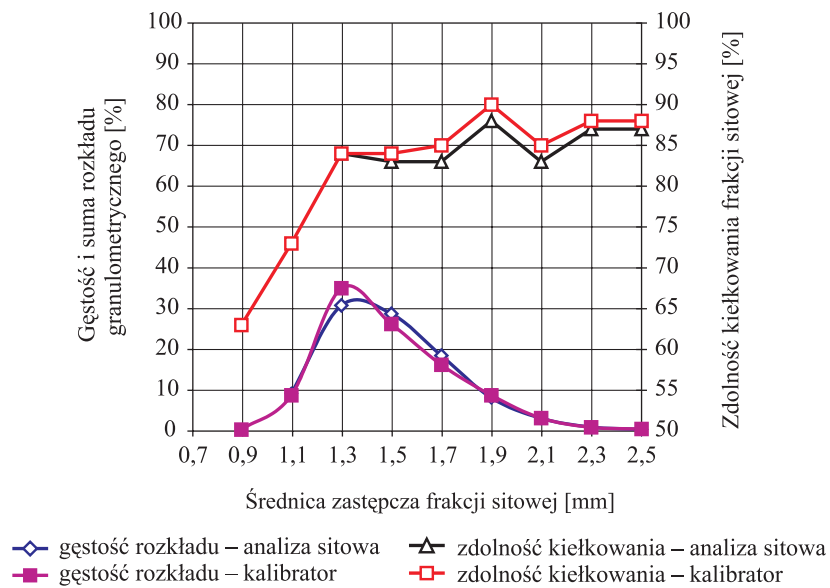
Lp.	Średnica oczka sita a [mm]	Średnica zastępcza d [mm]	Masa nasion na sicie [kg]	Gęstość rozkładu x [% mas.]	Suma rozkładu ΣR [%]	Liczność [szt.·g <sup>-1</sup> ]	Energia kielkowania EK [%]	Zdolność kielkowania ZK [%]
0	kontrola						80	87
1	2,4	2,50	0,040	0,51	0,51	450	86	88
2	2,2	2,30	0,075	0,95	1,46	555	87	88
3	2,0	2,10	0,255	3,23	4,68	699	83	85
4	1,8	1,90	0,700	8,86	13,54	833	85	90
5	1,6	1,70	1,300	16,46	30,00	1000	83	85
6	1,4	1,50	2,100	25,32	55,32	1250	80	84
7	1,2	1,30	2,800	35,44	90,76	1540	72	84
8	1,0	1,10	0,700	8,86	99,62	1800	65	73
9	0,8	0,90	0,030	0,38	100,00	2100	40	63
			8,000	100,00				

Tabela 7.6. Kalibracja nasion pietruszki odmiany Ołomuńska

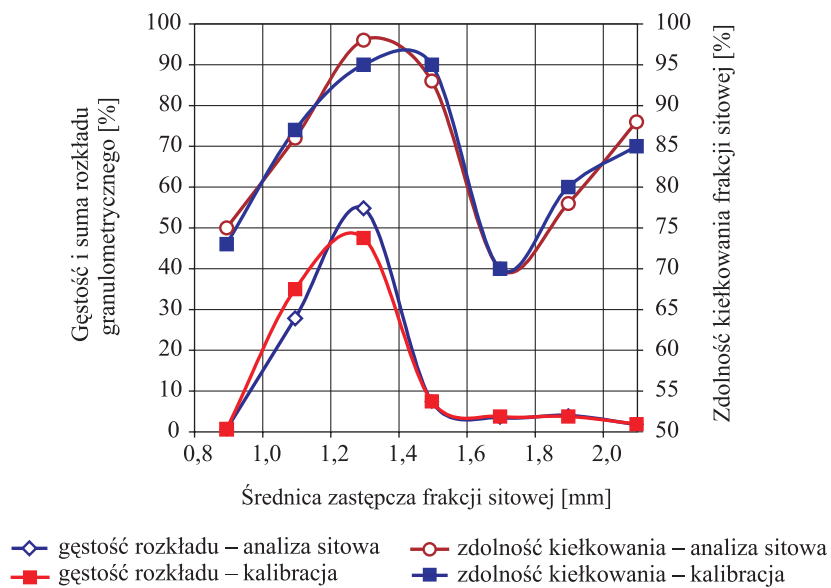
Lp.	Średnica oczka sита a [mm]	Średnica zastępeza d [mm]	Masa nasion na sicie [kg]	Gęstość rozkładu x [% mas.]	Suma rozkładu ΣR [%]	Liczność [szt.·g <sup>-1</sup> ]	Energia kielkowania EK [%]	Zdolność kielkowania ZK [%]
0	kontrola						66	87
1	2,0	2,10	0,150	1,88	1,88	312	25	85
2	1,8	1,90	0,300	3,75	5,63	380	70	80
3	1,6	1,70	0,300	3,75	9,38	420	65	70
4	1,4	1,50	0,600	7,50	16,88	526	84	95
5	1,2	1,30	3,800	47,50	64,38	680	86	95
6	1,0	1,10	2,800	35,00	99,38	900	68	87
7	0,8	0,90	0,050	0,63	100,00	1100	48	73
			8,000	100,00				

Tabela 7.7. Kalibracja nasion kopru odmiany Szmaraagd

Lp.	Średnica oczka sита a [mm]	Średnica zastępeza d [mm]	Masa nasion na sicie [kg]	Gęstość rozkładu x [% mas.]	Suma rozkładu ΣR [%]	Liczność [szt.·g <sup>-1</sup> ]	Energia kielkowania EK [%]	Zdolność kielkowania ZK [%]
0	kontrola						56	84
1	3,0	3,1	0,010	0,13	0,13	396	62	80
2	2,8	2,9	0,250	3,13	3,25	431	70	85
3	2,6	2,7	0,600	7,50	10,75	460	68	85
4	2,4	2,5	2,000	25,00	35,75	540	59	76
5	2,2	2,3	2,000	25,00	60,75	588	70	86
6	2,0	2,1	1,600	20,00	80,75	705	73	84
7	1,8	1,9	1,500	18,75	99,50	820	60	80
8	1,6	1,7	0,040	0,50	100,00	950	61	79
			8,000	100,00				

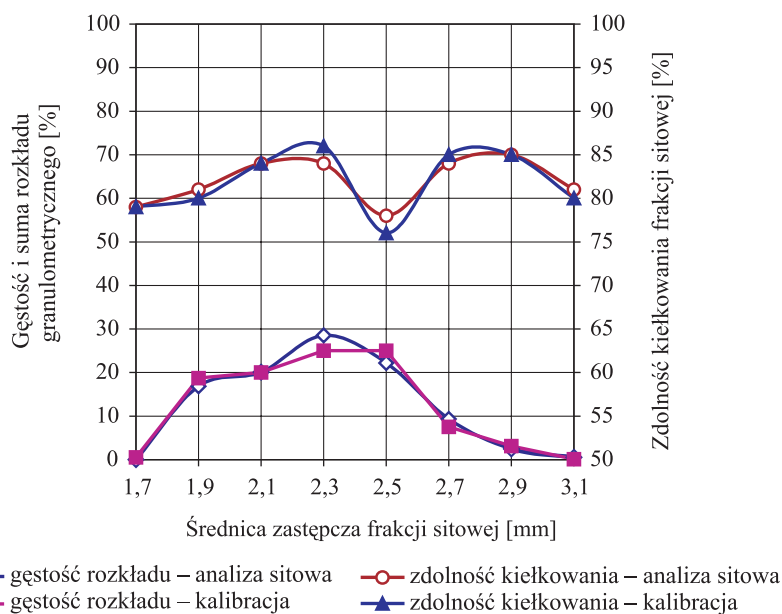


Rys. 7.4. Porównanie wyników laboratoryjnej analizy sitowej i kalibracji w aparacie modelowym nasion marchwi odmiany Perfekcja oraz zdolności kiełkowania każdej frakcji



Rys. 7.5. Porównanie wyników laboratoryjnej analizy sitowej i kalibracji w aparacie modelowym nasion pietruszki odmiany Ołomuńcka oraz zdolności kiełkowania każdej frakcji





Rys. 7.6. Porównanie wyników laboratoryjnej analizy sitowej i kalibracji w aparacie modelowym nasion kopru odmiany Szmaragd oraz zdolności kiełkowania każdej frakcji

Określono zależność średniej wartości masy 1000 nasion w funkcji średnicy zastępczej, wyrażoną równaniem wykładniczym:

$$m_{1000} = A \cdot d_z^a, \text{ g, dla } d_{\min} \leq d_i \leq d_{\max}, \text{ mm} \quad (7.1)$$

W technologiach nasiennych przydatną właściwością jest również licznosc (L), czyli liczba nasion w 1 g próbki. Wielkość ta jest eksponencjalną funkcją średnicy nasiona:

$$L = B \cdot \exp(b \cdot d_z), \text{ szt., dla } d_{\min} \leq d_i \leq d_{\max}, \text{ mm} \quad (7.2)$$

gdzie:

- A, a – stałe w równaniu (7.1),
- B, b – stałe w równaniu (7.2),
- $d_z$  – średnica zastępcza nasiona dla danej frakcji, mm,
- $d_i$  – średnica oczka sita, mm.

Wartości stałych występujących w równaniach (7.1) i (7.2) podano w tabeli 7.8.

Tabela 7.8. Wartości stałych w równaniach opisujących masę 1000 nasion i licznosc dla frakcji sitowych

Gatunek	Zakres średnic otworów sit [mm]	A	a	Współczynnik determinacji R <sup>2</sup>	B	b	Współczynnik determinacji R <sup>2</sup>
Marchew	1,0 do 2,4	0,3829	1,8496	0,9901	5 671	-1,0101	0,9990
Pietruszka	0,8 do 2,2	1,0128	1,5722	0,9915	2 699	-1,0466	0,9898
Koper	1,8 do 3,0	0,4170	1,5252	0,9913	2 553	-0,6168	0,9766

Zbudowany model kalibratora wibracyjnego umożliwia rozdział nasion marchwi, pietruszki i kopru z prędkością masową około 10 kg·h<sup>-1</sup>. Nie stwierdzono uszkodzeń nasion i zmian zdolności kiełkowania frakcji na skutek kalibracji w porównaniu z wynikami sitowej analizy laboratoryjnej. Poprawa jakości nasion tylko metodą kalibracji zwykle nie jest wystarczająca.

## 7.2. PŁUKANIE I ŁUGOWANIE NASION

Płukanie ma na celu poprawienie energii i zdolności kiełkowania wskutek odmycia zanieczyszczeń, inhibitorów kiełkowania i zarodników grzybów. W związku z tym nasiona marchwi i kopru poddaje się płukaniu, a nasiona pietruszki również ługowaniu.

Płukanie, dzięki wydzieleniu nasion pływających (przeważnie słabo kiełkujących), poprawia ponadto zdolność kiełkowania partii nasion. Na podstawie przebadanych właściwości nasion zaprojektowano i wykonano modelową instalację do płukania nasion. Aparatura ta może być stosowana również do badania zanieczyszczeń i nasion uszkodzonych metodą rozdziału na frakcje różniące się gęstością [Domoradzki i Korpala 2005a]. Modelowy aparat może być również używany do szybkiego schładzania nasion po termoterapii.

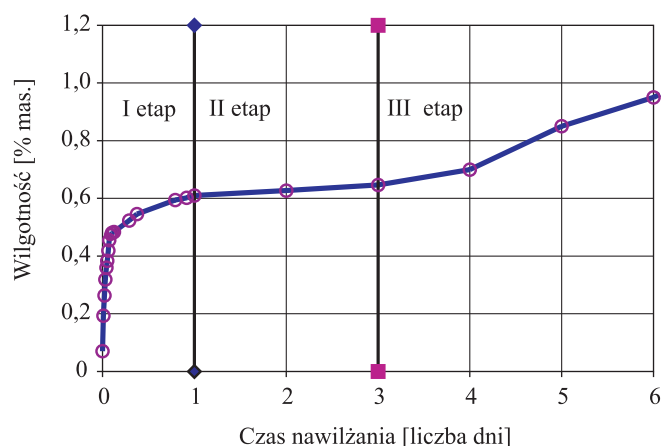
Badane nasiona roślin baldaszkowatych zanurzone w wodzie ulegają nawilżaniu. Operacja nawilżania przebiega w trzech etapach (rys. 7.7).

W pierwszym następuje wchłanianie wody przez nasiona, przy czym ilość wchłoniętej wody zależy od czasu operacji.

Podczas drugiego etapu zachodzi szereg przemian biochemicznych poprzedzających kiełkowanie: regeneracja błon komórkowych, zapoczątkowanie przemian biochemicznych, wytwarzanie enzymów i hormonów wspomagających kiełkowanie, rozkład inhibitorów kiełkowania, wydłużenie kielka [Grzesik 2004a]. W tej fazie ustaje prawie pobieranie wody.

Dalsze wchłanianie wody w trzecim etapie związane jest z wydłużaniem kielka, podziałem komórek i ich wzrostem.

Czas trwania operacji płukania i/lub ługowania nie może być dłuższy niż czas trwania I etapu nawilżania.



Rys. 7.7. Wchłanianie wody przez nawilżane nasiona marchwi [wg badań autora]:  
I etap – pęcznienie nasion, II etap – lag-faza, III etap – kiełkowanie właściwe

### 7.2.1. KINETYKA NAWILŻANIA NASION

#### Materiały i metody

Do badań użyto nasion roślin baldaszkowatych marchwi Perfekcja, pietruszki Ołomuńska i kopru Szmaragd.

#### Przyrost wilgotności nasion w czasie nawilżania

25 g nasion umieszczano wewnątrz pojemnika wykonanego z siatki metalowej. Pojemnik wkładano do zlewki z wodą destylowaną. Po określonym czasie odwirowywano nadmiar wody i ważono nasiona.

Na podstawie wykonanych pomiarów wyznaczono równanie logarytmiczne przedstawiające zmiany wilgotności masowej [kg H<sub>2</sub>O na kg wilgotnych nasion] nasion zanurzonych w wodzie w czasie:

$$x_w = A \cdot \ln \tau_w + a, \text{ dla } 0 \leq \tau_w \leq 24 \text{ h} \quad (7.3)$$

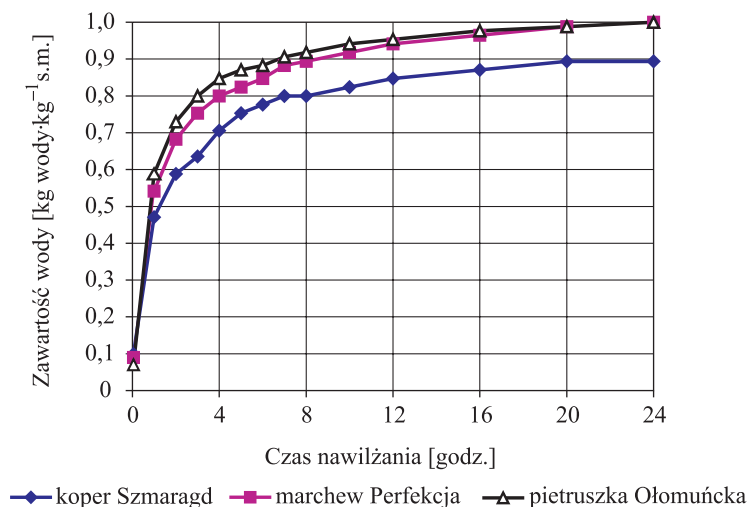
W technologii suszenia nasion bardziej przydatną jest wilgotność względna [kg H<sub>2</sub>O na kg suchej masy nasion]. Wyniki przedstawiono na rysunku 7.8. Wielkość ta jest wyrażona równaniem logarytmicznym:

$$u_w = B \cdot \ln \tau_w + b, \text{ kg H}_2\text{O} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}, \text{ dla } 0 \leq \tau_w \leq 24 \text{ h} \quad (7.4)$$

gdzie:

- A, a – stałe w równaniu (7.3),
- B, b – stałe w równaniu (7.4),
- $\tau_w$  – czas zanurzenia nasion w wodzie, h,
- $x_w$  – wilgotność, kg·kg<sup>-1</sup>,
- $u_w$  – zawartość wody, kg H<sub>2</sub>O·kg<sup>-1</sup> s.m.

Wartości stałych występujących w równaniach 7.3-7.4 podano w tabeli 7.9.



Rys. 7.8. Przyrost zawartości wody w nasionach w czasie 24-godzinnej nawilżania

Tabela 7.9. Stałe w równaniach opisujących zawartość wody w nasionach podczas nawilżania

Gatunek	Zawartość wody $u_w$ [kg H <sub>2</sub> O·kg <sup>-1</sup> s.m.]			Wilgotność $x_w$ [kg·kg <sup>-1</sup> ]		
	A	a	współczynnik determinacji $R^2$	B	b	współczynnik determinacji $R^2$
Koper	0,1354	0,5049	0,9885	0,0623	0,3092	0,9623
Marchew	0,1511	0,5644	0,9909	0,0664	0,3284	0,9428
Pietruszka	0,1521	0,5874	0,9719	0,0679	0,3330	0,9065

### Przyrost objętości nasion w czasie nawilżania

Pomiary przyrostu objętości nawilżanych nasion w wodzie wykonywano w cylindrze miarowym o objętości 250 ml. Do cylindra wsypano 100 ml nasion i wlewano do 200 ml wody. W określonych odstępach czasu wytrząsano nasiona w cylindrze i mierzono objętość ich warstwy. Nasiona pływające zanurzano w cieczy, dociskając je lekko sitkiem do warstwy nasion.

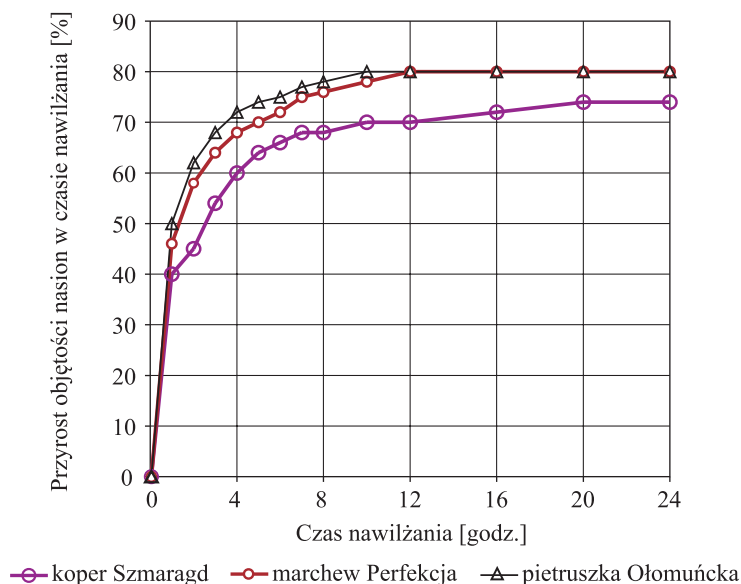
Podczas operacji nawilżania nasion w wodzie następuje zwiększenie ich objętości. Zmianę objętości badanych nasion przedstawiono na rysunku 7.9.

Na podstawie wykonanych pomiarów wyznaczono równania kinetyczne opisujące przyrost objętości nasion zanurzonych w wodzie w czasie nawilżania w postaci równania logarytmicznego:

$$\frac{V_w - V_0}{V_0} = A \cdot \ln \tau_w + a, \text{ dla } 0 \leq \tau_w \leq 24 \text{ h} \quad (7.5)$$

gdzie:

- $A, a$  – stałe w równaniu (7.5),  
 $\tau_w$  – czas zanurzenia nasion w wodzie, h,  
 $V_w - V_0$  – przyrost objętości, %.



Rys. 7.9. Przyrost objętości nasion w czasie nawilżania

Tabela 7.10. Stałe w równaniach przedstawiających przyrost objętości nasion zanurzonych w wodzie

Gatunek i odmiana	Przyrost objętości nasion [%]		
	A	a	Współczynnik determinacji $R^2$
Koper Szmaraagd	12,50	39,8	0,9754
Marchew Perfekcja	13,40	45,8	0,9650
Pietruszka Ołomuńska	13,18	48,2	0,9343

Nasiona nawilżane w wodzie zwiększają swoją masę i objętość. Po 24 godzinach badane nasiona marchwi i pietruszki zwiększyły swoją masę o 90%, a objętość o około 80%. Nasiona kopru są mniej higroskopijne, zwiększają swoją masę o 85%, a wzrostowi masy towarzyszy zmiana ich objętości na poziomie około 70%. Tak duże zmiany objętości nawilżanych nasion muszą być brane pod uwagę przy projektowaniu urządzeń modelowych i przemysłowych.

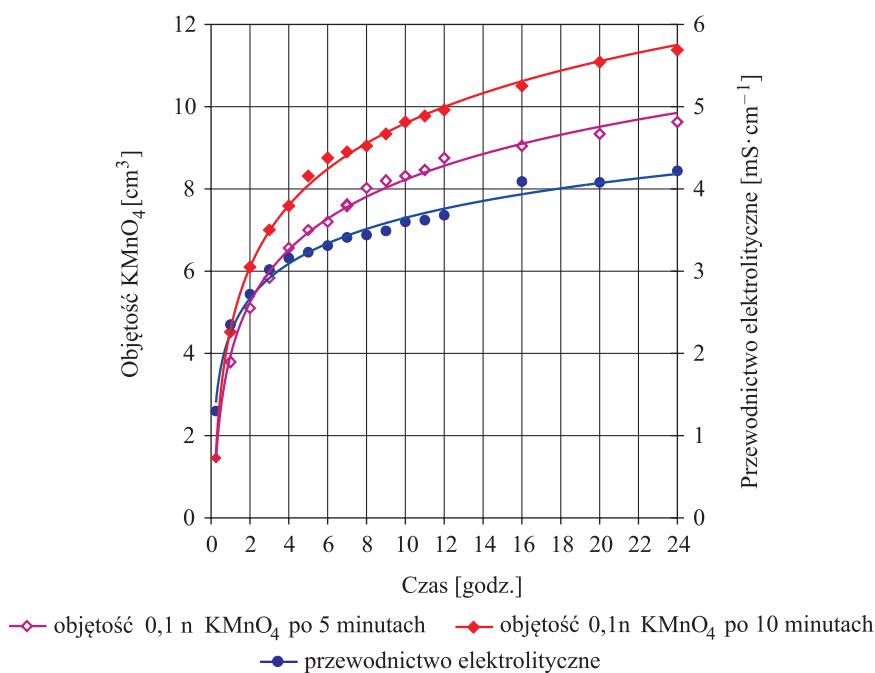
### 7.2.2. KINETYKA ŁUGOWANIA NASION PIETRUSZKI

Dane literaturowe wskazują na obecność w nasionach pietruszki inhibitorów kiełkowania. W celu poprawienia energii kiełkowania nasion pietruszki zaleca się ich ługowanie w wodzie.

### Materiały i metody

100 g nasion pietruszki umieszczano w szklanej zlewce o pojemności 1500 ml i zalewano 900 ml wody destylowanej. Zawartość zlewki mieszano mieszadłem magnetycznym, utrzymując stałą temperaturę roztworu 20°C. Do zaobserwowania postępu operacji ługowania zastosowano pomiar przewodnictwa elektrolitycznego roztworu i pomiar zawartości substancji utleniających metodą miareczkowania roztworem  $\text{KMnO}_4$ . W tym celu w zlewce umieszczano czujnik konduktometru [Atkins 1999]. Przez pierwsze 12 godzin badań co godzinę pobierano próbkę 10 ml roztworu do oznaczeń manganometrycznych, natomiast przez kolejne 12 godzin – co 4 godziny. Próbkę miareczkowano 0,1 n roztworem  $\text{KMnO}_4$  [Supniewski 1958].

Wyniki ługowania nasion pietruszki w czasie 24 godzin przedstawiono na rysunku 7.10.



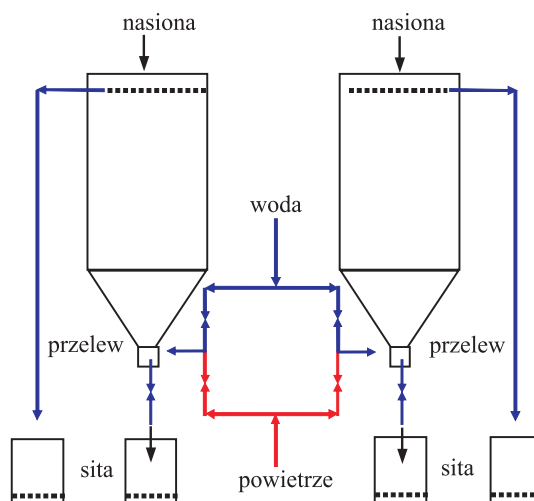
Rys. 7.10. Kinetyka ługowania nasion pietruszki Ołomuńskiej w temperaturze 20°C w czasie 24 godzin

Na podstawie rysunku 7.8 stwierdzono, że czas ługowania nie może być dłuższy niż czas trwania I etapu nawilżania. Przedłużanie czasu ługowania może spowodować uruchomienie procesów podziału komórek, a następujące po tym wysuszenie nasion spowodowałoby uszkodzenie zarodka. Należy podkreślić, że przy obliczaniu czasu nawilżania konieczne jest uwzględnienie czasu innych operacji w wodzie, np. odkażania, płukania i suszenia.

Do budowy modelu aparatu do płukania nasion przyjęto następujące wytyczne:

1. Jednorazowe odmycie około 20 kg nasion w jednej komorze przy stężeniu zawiesiny nasion w wodzie nie wyższym niż 20%.
2. Możliwość oddzielenia nasion pływających.
3. Intensywne mieszanie zawartości i łatwość opróżniania aparatu z nasion.
4. Możliwość ługowania wielostopniowego.
5. Pomiar postępu procesu przez pomiar przewodnictwa elektrolitycznego roztworu i/lub miareczkowanie manganometryczne.
6. Sumaryczny czas ługowania nie dłuższy niż czas I etapu nawilżania.

Schemat zaprojektowanej i wykonanej modelowej instalacji badawczej do płukania nasion przedstawiono na rysunku 7.11.

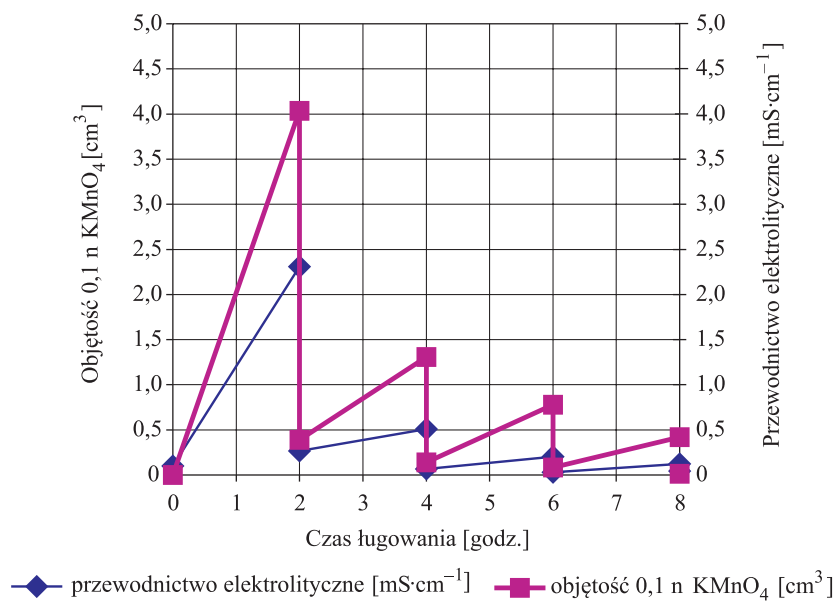


Rys. 7.11. Schemat instalacji badawczej do płukania lub ługowania nasion

Zestaw do płukania nasion składał się z dwóch kolumn o pojemności  $150 \text{ dm}^3$  z dnem stożkowym oraz przelewami odprowadzającymi wodę do kanalizacji. W dnie stożkowym zainstalowano mieszacz wody i powietrza z zaworami pozwalającymi regulować ich dopływ (fot. 11).

### Metodyka ługowania nasion pietruszki

Do reaktora do ługowania nasion wlewano  $90 \text{ dm}^3$  wody o temperaturze około  $20^\circ\text{C}$  i wsypywano 10 kg nasion pietruszki. Zawartość reaktora mieszano za pomocą sprężonego powietrza przez 2 godziny, następnie opróżniano do wiader sitowych, odsączano, a nasiona ponownie umieszczano w reaktorze napełnionym  $90 \text{ dm}^3$  wody. Operację powtarzano czterokrotnie. W trakcie ługowania mierzono przewodność elektrolityczną roztworów i objętość  $0,1 \text{ n KMnO}_4$  potrzebnego do miareczkowania manganometrycznego.

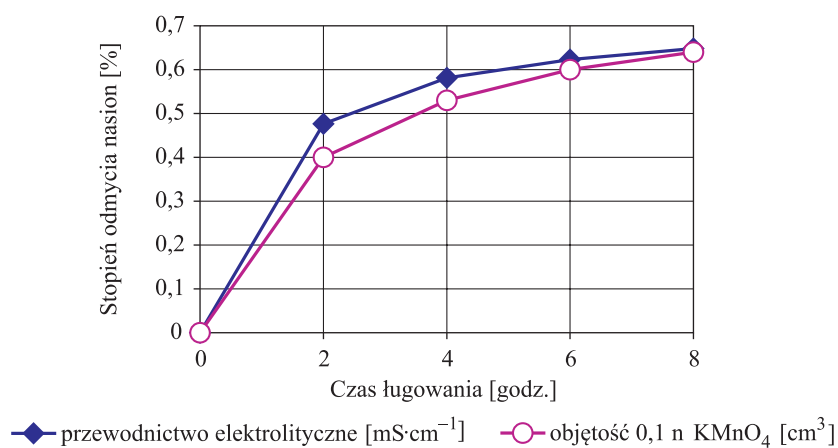


Rys. 7.12. Ługowanie czterostopniowe 4×2 godziny nasion pietruszki

Stopień odmycia lub wylugowania nasion jest ilorazem sumy substancji wylugowanej w kolejnych stopniach do łącznej ilości substancji wylugowanej w czasie 24 godzin:

$$\text{stopień odmycia} = \sum_1^n Y_{nk} / Y_{24,k} \quad (7.6)$$

Na podstawie pomiarów obliczono stopień odmycia nasion według wzoru (7.6). Wyniki przedstawiono na rysunku 7.13.



Rys. 7.13. Stopień odmycia nasion pietruszki w ługowaniu czterostopniowym



Próbkę nasion pobierano po każdym stopniu ługowania oraz po 24 godzinach, suszono w suszarce konwekcyjnej z wymuszonym przepływem powietrza i testowano na bibułach, określając energię kiełkowania (EK), zdolność kiełkowania (ZK) i wskaźnik zasiedlenia grzybami (WZG). Wyniki zebrano w tabeli 7.11.

Tabela 7.11. Kiełkowanie nasion pietruszki Ołomuńskiej po ługowaniu nasion w wodzie

Ługowanie okresowe 4 razy po 2 godziny	Stopień odmycia	Energia kiełkowania EK	Zdolność kiełkowania ZK	Wskaźnik zasiedlenia grzybami WZG
		[%]		
Kontrola	0	42	68	90
I stopień – 2 godziny	0,48	50	70	40
II stopień – 2 godziny	0,58	62	71	40
III stopień – 2 godziny	0,62	66	73	36
IV stopień – 2 godziny	0,65	69	74	33
Po 24 godzinach	1,00	70	76	30

Uzyskane wyniki świadczą o tym, że:

- a) aparat spełnił przedstawione założenia dla nasion baldaszkowatych,
- b) ługowanie nasion pietruszki wodą poprawia ich zdrowotność, obniżając wskaźnik zasiedlenia grzybami, polepsza także właściwości siewne: energię i zdolność kiełkowania.

### 7.2.3. ROZDZIAŁ HYDROSTATYCZNY NASION

Rozdział hydrostatyczny pozwala na rozdział nasion pod względem gęstości w cieczy o zmiennej gęstości [Domoradzki i Korpal 2005a]. Metoda umożliwia oddzielenie nasion pływających i tonących w wodzie.

#### Metodyka

Nasiona pływające usuwano z powierzchni wody za pomocą sita po każdym stopniu płukania lub ługowania. Nasiona tonące i pływające suszono oddzielnie w workach siatkowych, określano ich udział masowy i oznaczano zdolność kiełkowania (ZK) oraz wskaźnik zasiedlenia grzybów (WZG) – tabela 7.12.

Wyniki badań wskazują, że zawartość frakcji pływającej zmienia się w szerokich granicach – od 2,9 do 21,4%.

Zdolność kiełkowania nasion pływających jest znacznie niższa od tonących, a wskaźnik zasiedlenia nasion grzybami znacznie wyższy.

Hydrostatyczny rozdział nasion na tonące i pływające jest prostą metodą pozbycia się resztek nasienników, owoców pustych oraz uszkodzonych. Może być wykonywany podczas większości operacji mokrych: płukania, ługowania, odkażania w roztworach chemicznych i kondycjonowania.

Tabela 7.12. Rozdział na nasiona o gęstości większej i mniejszej niż gęstość wody w czasie 1-godzinnej płukania

Gatunek Odmiana	Wsad [kg]	Fracja tonąca				Fracja pływająca			
		[kg]	[%]	ZK [%]	WZG [%]	[kg]	[%]	ZK [%]	WZG [%]
Koper Smaragd	8,65	8,4	97,1	72	20,0	0,25	2,9	55	32
Marchew Perfekcja	16,0	14,5	90,6	70	8,0	1,5	9,4	45	27
Pietruszka Ołomuńska	8,3	8,0	96,4	70	29,0	0,3	3,6	41	48

### 7.3. ODKAŻANIE NASION W GORĄCEJ WODZIE

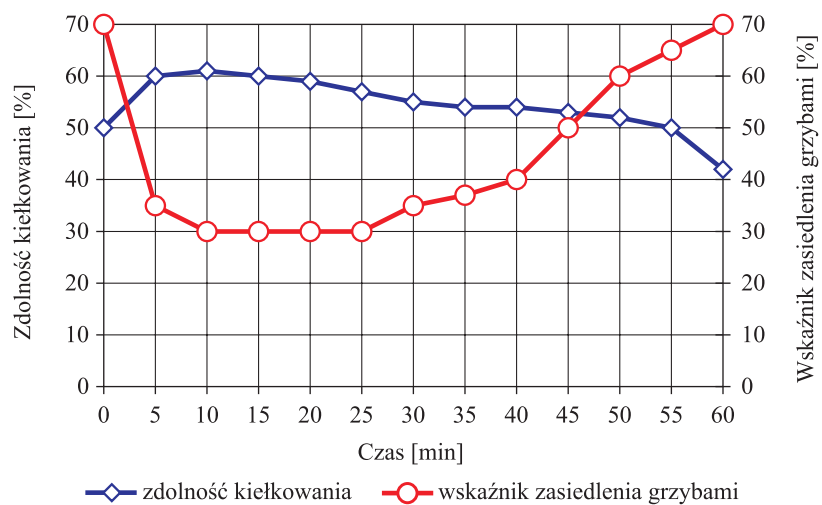
#### 7.3.1. BADANIA LABORATORYJNE ODKAŻANIA NASION W GORĄCEJ WODZIE

##### Metodyka

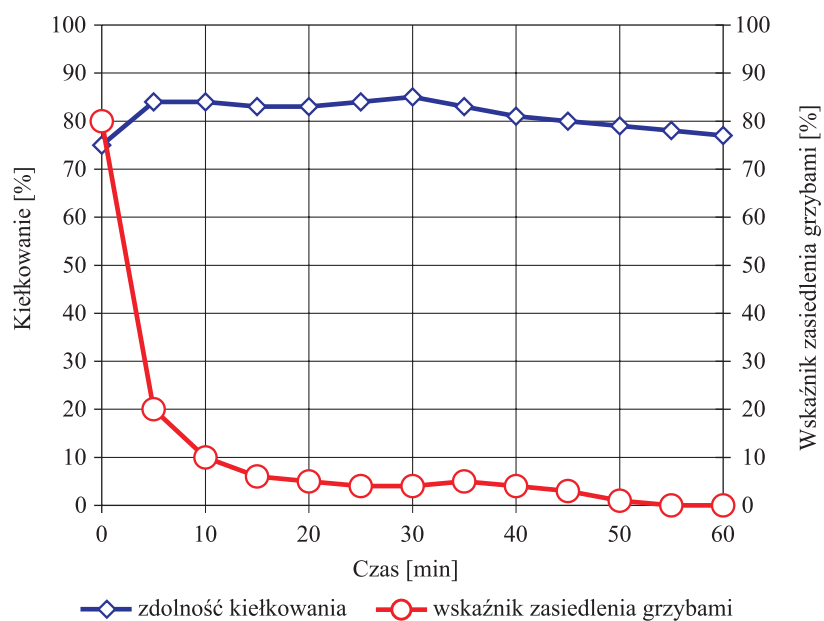
Do badań użyto nasion roślin baldaszkowatych: kopru, marchwi i pietruszki z produkcji konwencjonalnej. Do termosu wlewano 450 cm<sup>3</sup> wody o temperaturze 52°C oraz wsypywano 50 g badanych nasion. Termos zakrywano i nasiona mieszano przez wytrząsanie. Przez korek wprowadzano termometr i mierzono temperaturę w czasie termoterapii. Temperatura po wsypaniu nasion ustalała się na poziomie 50°C i do końca najdłuższego pomiaru (w czasie 60 minut) spadała do 48°C. Badania prowadzono, nagrzewając nasiona w czasie od 5 do 60 minut. Odkażanie przerywano, wylewając całą zawartość termosu do 2 dm<sup>3</sup> zimnej wody. Nasiona odsączano i suszono w suszarce przepływowej powietrzem o temperaturze 35°C w czasie 16-24 godzin.

Wysuszone nasiona kiełkowano zgodnie z PN-R-65950 i dodatkowo określano wskaźnik zasiedlenia nasion grzybami. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach od 7.14 do 7.16.

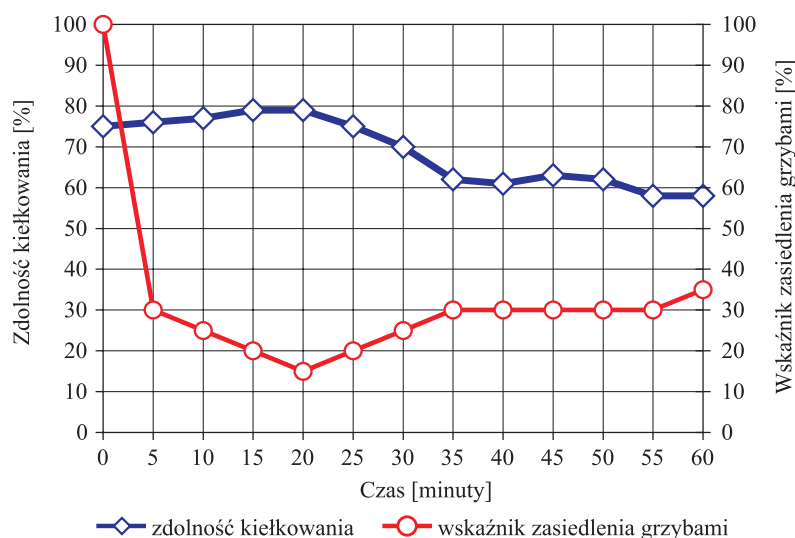
Na podstawie uzyskanych wyników można wyznaczyć maksymalny czas obróbki nasion roślin baldaszkowatych w gorącej wodzie, który nie powinien przekraczać wartości podanych w tabeli 7.13.



Rys. 7.14. Wpływ czasu odkażania w wodzie o temperaturze 50°C na kiełkowanie nasion marchwi



Rys. 7.15. Wpływ czasu odkażania w wodzie o temperaturze 50°C na kiełkowanie nasion pietruszki



Rys. 7.16. Wpływ czasu odkażania w wodzie o temperaturze 50°C na kiełkowanie nasion kopru

Tabela 7.13. Kiełkowanie nasion po obróbce w wodzie w temperaturze 50°C dla czasów maksymalnych

Gatunek – Odmiana	Kontrola – nasiona surowe		Parametry termoterapii		
	ZK	WZG	czas [minuty]	ZK	WZG
	[%]			[%]	
Marchew Perfekcja	77	80	<b>30</b>	83	3
Pietruszka Ołomuńska	62	100	<b>20</b>	74	15
Koper Szmaragd	70	70	<b>20</b>	75	30

Wyniki badań wykazały, że największą redukcję WZG uzyskano dla nasion pietruszki Ołomuńskiej – ze 100 do 15%, marchwi Perfekcji – z 80 do 3%, natomiast najmniejszą – dla nasion kopru Szmaragd – z 70 do 30%.

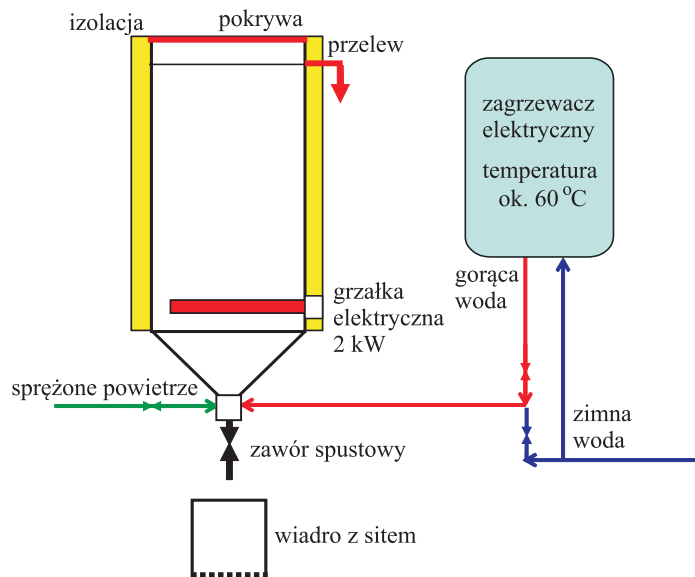
Zdolność kiełkowania nasion zwiększyła się: marchwi Perfekcji o 8%, pietruszki Ołomuńskiej o 12%, a kopru Szmaragd o 5%.

### 7.3.2. BUDOWA MODELU APARATU DO TERMOTERAPII

Do budowy modelu aparatu do termoterapii nasion przyjęto następujące założenia:

1. Możliwość jednorazowego odkażania około 20 kg nasion.
2. Precyzyjna regulacja temperatury wody z dokładnością do 0,2°C.
3. Szybkie wyrównanie temperatury przez intensywne mieszanie.
4. Szybkie schłodzenie po procesie termoterapii.
5. Prosty załadunek i szybki rozładunek aparatu.
6. Zagrzewacz dodatkowy do ciepłej wody o temperaturze około 60°C.

Wykonany model aparatu do odkażania nasion w gorącej wodzie (rys. 7.17, fot. 12) składa się ze zbiornika do odkażania termicznego i aparatu zbiornikowego do schładzania nasion w zimnej wodzie.



Rys. 7.17. Schemat modelu aparatu do odkażania nasion w gorącej wodzie

Aparat podłączono do instalacji gorącej wody o temperaturze minimalnej 60°C. Pojemność robocza zbiornika wynosiła około 150 dm<sup>3</sup>, a stosowane stężenia zawiesiny nasion w wodzie – 10 do 20%. W dnie stożkowym z zaworem spustowym zamocowano głowicę do doprowadzenia wody i powietrza. Aparat wyposażono w grzałkę elektryczną o mocy około 2 kW, sterowaną regulatorem tyrystorowym temperatury pracującym w zakresie 0-100°C. W górnej części aparatu wykonano przelew do odprowadzenia nadmiaru wody. Zbiornik zaizolowano termicznie.

### Materialy i metody

Do badania odkażania nasion w aparaturze modelowej użyto nasion roślin baldaszkowatych: kopru, marchwi i pietruszki z produkcji konwencjonalnej.

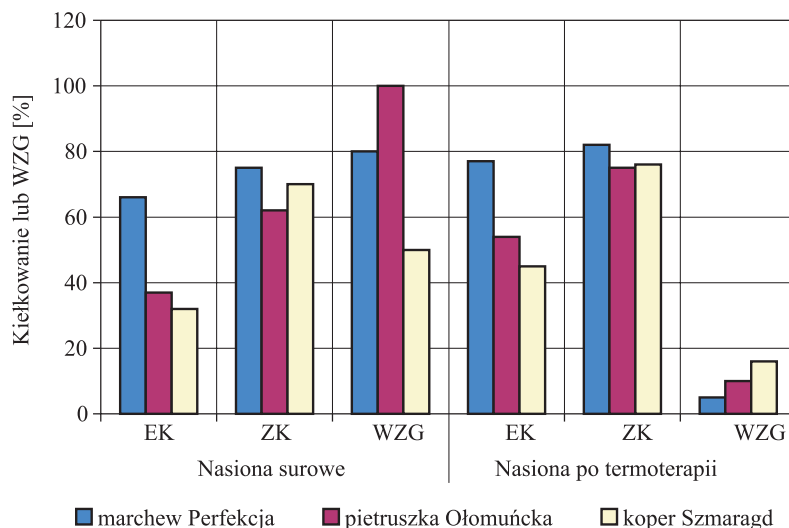
Do aparatu wlewano 90 dm<sup>3</sup> gorącej wody. Po ustaleniu temperatury wody na 52°C wsypywano nasiona w ilości 10 kg. Czas odkażania liczono od momentu zanurzenia nasion w gorącej wodzie. Po upływie założonego czasu zawartość aparatu spuszczano do wiader sitowych. Nasiona po odsączeniu schładzano zimną wodą, ponownie odsączano, suszono ciepłym powietrzem w temperaturze 35°C i kiełkowano na bibułach, zgodnie z normą PN-R-65950.

Wyniki przedstawiono w tabeli 7.14 i na rysunku 7.18.

Tabela 7.14. Wyniki badań termoterapii nasion (10% mieszanina) w temperaturze 5°C

Gatunek Odmiana	Czas [minuty]	Nasiona surowe			Nasiona po termoterapii		
		EK	ZK	WZG	EK	ZK	WZG
[%]							
Marchew Perfekcja	30	66	75	80	77	82	5
Pietruszka Ołomuńska	20	37	62	100	54	75	10
Koper Smaragd	20	32	70	50	45	76	16

EK – energia kiełkowania  
 ZK – zdolność kiełkowania  
 WZG – wskaźnik zasiedlenia grzybami



Rys. 7.18. Kiełkowanie nasion po obróbce w gorącej wodzie

Uzyskano następujące wyniki redukcji wskaźnika zasiedlenia grzybami: nasion pietruszki Ołomuńskiej – ze 100 do 10%, marchwi Perfekcja – z 80 do 5%, kopru Szmaragd – z 50 do 16%. Energia kiełkowania nasion wzrosła: marchwi z 66 do 77%, pietruszki z 37 do 54%, a kopru z 32 do 45%. Stwierdzono także wzrost zdolności kiełkowania nasion: marchwi z 75 do 82%, pietruszki z 62 do 75%, a kopru z 70 do 76%.

Dwie komory aparatu do odkażania termicznego o pojemności po około 150 dm<sup>3</sup> każda umożliwiają odkażanie 20 kg suchych nasion (mieszanina 10%) w ciągu 40 minut, a po opanowaniu procesu – do 40 kg nasion jednorazowo (mieszanina 20%). Zakładając, że aparat jest wyposażony w urządzenie zagrzewające wodę do 60°C, przybliżona zdolność produkcyjna aparatu wyniesie około 240 kg przez 8 godzin.

Wyniki badań wykazały, że:

1. Termiczne odkażanie nasion w gorącej wodzie jest skuteczną fizyczną metodą znacznego zmniejszenia zakażeń grzybowych dla przebadanych gatunków nasion.
2. W czasie badań nie stwierdzono przypadku pogorszenia się jakości nasion po obróbce w zalecanym czasie odkażania.

Optymalny czas odkażania nasion nowych odmian w gorącej wodzie należy dobierać w oparciu o badania laboratoryjne odporności termicznej.

## 7.4. OCHRONA EKOLOGICZNA NASION

### 7.4.1. ZAPRAWIANIE NASION CHITOSANEM

W badaniach do zaprawiania ekologicznego nasion warzyw stosowano octan chitosanu w postaci wodnej zawiesiny o nazwie handlowej Biochikol. Jest to składnik czynny biologicznego środka do ochrony roślin przed chorobami wirusowymi, bakteryjnymi i grzybowymi. Preparat ma działanie biostymulacyjne i wywołuje podwyższenie odporności roślin. Oczyszczone, wymyte i odkażone termicznie nasiona kiełkowano na bibułach nasączonych roztworem o określonym stężeniu Biochikolu (tab. 7.15).

Tabela 7.15. Kiełkowanie nasion warzyw na płytkach nasyconych Biochikolem

Stężenie Biochikolu [%]	Marchew		Pietruszka		Koper	
	EK	ZK	EK	ZK	EK	ZK
	[%]					
0 (kontrola)	77	81	75	93	84	87
1,0	79	81	75	96	87	87
2,5	68	80	81	89	76	78
5,0	71	76	71	91	74	79
10,0	69	78	75	89	75	78

EK, ZK – oznaczenia jak pod tabelą 7.14

Badania, których wyniki przedstawiono w tabeli 7.15, wykazały, że już stężenie 2,5% Biochikolu w wodzie powoduje nieznaczny spadek energii oraz zdolności kiełkowania nasion. Do dalszych badań (opisanych w podrozdziale 7.7.2) zaproponowano 1% dodatek Biochikolu do cieczy otoczkującej.

### 7.4.2. INOKULACJA NASION ZARODNIKAMI GRZYBÓW

Podczas stosowania preparatów biologicznych do ochrony roślin pojawiają się szczególne problemy. Należą do nich:

1. Trwałość (stabilność) preparatów biologicznych.
2. Powtarzalność stężenia mikroorganizmów w poszczególnych partiach preparatu.

3. Równomierność nanoszenia mikroorganizmów na nasiona.
4. Konieczność wprowadzenia zarodników grzybów na wszystkie nasiona.
5. Odporność zarodników grzybów na obróbkę nasion zarówno w trakcie nanoszenia, jak i suszenia.
6. Sposób obliczania dawki preparatu gwarantującej pokrycie zarodnikami wszystkich nasion.

### Sposób obliczania dawki preparatu

Ilość preparatu przypadającego na nasiona obliczono z następujących zależności:

- liczba zarodników w preparacie o masie M:

$$N_n = N \cdot M, \text{ szt. zarodników} \quad (7.7)$$

- liczba nasion w próbie o masie m:

$$I = m \cdot L, \text{ szt. nasion} \quad (7.8)$$

- liczba zarodników na nasiono:

$$\Omega = \frac{N_n}{I} = \frac{N \cdot M}{L \cdot m}, \text{ szt. zarodników/szt. nasion} \quad (7.9)$$

Po przekształceniu otrzymuje się równanie umożliwiające obliczenie masy dodanego preparatu dla zapewnienia pożądanej liczby zarodników  $\Omega$  na jedno nasiono:

$$M = \frac{\Omega \cdot m \cdot L}{N}, \text{ g} \quad (7.10)$$

gdzie:

- $\Omega$  – liczba zarodników na 1 nasiono, szt. zarodników  $\cdot$  (szt. nasion)<sup>-1</sup>,
- $N_n$  – liczba zarodników w próbce preparatu o masie M, szt. zarodników,
- I – liczba nasion w próbce, szt. nasion,
- M – masa dawki preparatu, g,
- N – liczba zarodników w 1 g preparatu, szt. zarodników  $\cdot$  g<sup>-1</sup>,
- L – liczba nasion w 1 g, licznosc, szt. nasion  $\cdot$  g<sup>-1</sup>,
- m – masa inokulowanych nasion, g.

Minimalna wartość  $\Omega$  wynosi jeden. Ze względu na nierównomierność nanoszenia oraz przeżywalność zarodników podczas inokulacji i suszenia wartość ta musi być znacznie wyższa. Zakładając, że na każde nasiono powinno być nałożone 10 zarodników, daje to przy ilości zarodników w 1 g preparatu  $N = 1 \cdot 10^5$  różne ilości preparatu dodawanego do nasion o tej samej masie, ale różnej liczności.



Współczynnik przeżycia  $\eta$  jest podany zależnością:

$$\eta = \frac{N_z}{N_{ob}}, \% \quad (7.11)$$

gdzie:

$N_z$  – liczba zarodników oznaczona doświadczalnie przypadająca na jedno nasiono, szt.,

$N_{ob}$  – liczba zarodników założona dla inokulacji przypadająca na jedno nasiono, szt.

Badania inokulacji przeprowadzono na nasionach marchwi, pietruszki i kopr. Proces polegał na nanoszeniu organizmów pożytecznych na nasiona. Najczęściej do zwalczania grzybów stosuje się zarodniki grzybów *Trichoderma viride* lub *Phytium oligandrum*. Dla zwiększenia stopnia przeżycia mikroorganizmów zarodniki zamocowuje się na powierzchni nasion i pokrywa materiałem otoczki.

Wykonano badania przeżywalności zarodników grzybów *Trichoderma viride* na nasionach roślin baldaszkowatych. Wyniki przedstawiono w tabeli 7.16.

Tabela 7.16. Liczba żywych zarodników na zaprawionych nasionach warzyw

Gatunek – Odmiana	Liczność [szt. · g <sup>-1</sup> ]	<i>Trichoderma viride</i> [g · (100 g nasion) <sup>-1</sup> ]	Liczba zarodników [szt.]		$\eta$ [%]
			obliczona	oznaczona	
Marchew Perfekcja	990	9,90	10,0	6,0	60
Pietruszka Ołomuńska	552	5,52	10,0	8,7	87
Koper Szmaragd	532	5,32	10,0	3,2	32

Liczbę jednostek tworzących kolonie (jtk) oznaczano metodami mikrobiologicznymi, analizując 10 sztuk nasion. Obliczano średnią wartość liczby jtk i obserwowano, czy wszystkie nasiona zostały zainokulowane.

Podczas otoczkowania nasion z zarodnikami grzybów maksymalnie skrócono czas kontaktu biopreparatu z wodą, by uniemożliwić wykiełkowanie formy przetrwalnikowej grzyba. Dodatkowo obniżono temperaturę suszenia nasion otoczkowanych do 30°C, by uniknąć uszkodzenia zarodników.

## 7.5. SUSZENIE

Zastosowano modelowe suszarki komorowe z odwróconym przepływem czynnika suszącego „od góry do dołu”, podawanego jednym lub wieloma wentylatorami. Szybkość suszenia danego gatunku, odmiany i partii nasion zależy od ich wilgotności początkowej oraz strumienia objętościowego przepływu ciepłego powietrza, jego temperatury i wilgotności. Przy zastosowaniu jednego wentylatora szybkość suszenia nasion mokrych powietrzem o temperaturze 45°C wynosiła średnio 2,5 kg · h<sup>-1</sup>. Zwiększenie szybkości suszenia uzyskuje się sto-

sując kilka wentylatorów, natomiast zmniejszenie – przez zadławienie zaworem przepływu powietrza.

### 7.5.1. WILGOTNOŚĆ RÓWNOWAGOWA NASION WARZYW

Podczas badań nasiona warzyw ogrzewano gorącym powietrzem. Podstawą projektowania suszarni i optymalizacji operacji suszenia jest poznanie skutków działania gorącego powietrza na nasiona w procesie suszenia i wartości wilgotności równowagowej nasion. Wilgotność równowagowa nasion zależy od wilgotności względnej powietrza, jego temperatury oraz ciśnienia. Dla średniej wilgotności względnej powietrza – 50% w 20°C – i po podgrzaniu tego powietrza do 60°C wyznaczono wilgotność równowagową nasion suszonych w czasie 12 godzin (tab. 7.17).

Tabela 7.17. Wilgotność równowagowa nasion suszonych powietrzem o temperaturze 60°C

Gatunek – Odmiana	Wilgotność początkowa nasion	Ubytek masy po suszeniu	Wilgotność równowagowa nasion
	[%]		
Marchew Perfekcja	8,5	5,2	3,1
Pietruszka Ołomuńska	9,0	4,6	4,0
Koper Szmaragd	8,5	6,2	3,3

### 7.5.2. ODPORNOŚĆ TERMICZNA NASION OGRZEWANYCH GORĄCYM POWIETRZEM

#### Metodyka

Do badań użyto nasion marchwi, pietruszki i kopru o wilgotności początkowej około 10%.

Nasiona surowe w ilości 50 g wsypywano do cylindra z dnem sitowym i uruchamiano przepływ gorącego powietrza. Badania wykonywano w temperaturze powietrza: 50, 60 i 70°C. Po ogrzaniu pobierano próbki nasion i po ochłodzeniu badano ich kiełkowanie zgodnie z normą PN-R-65950.

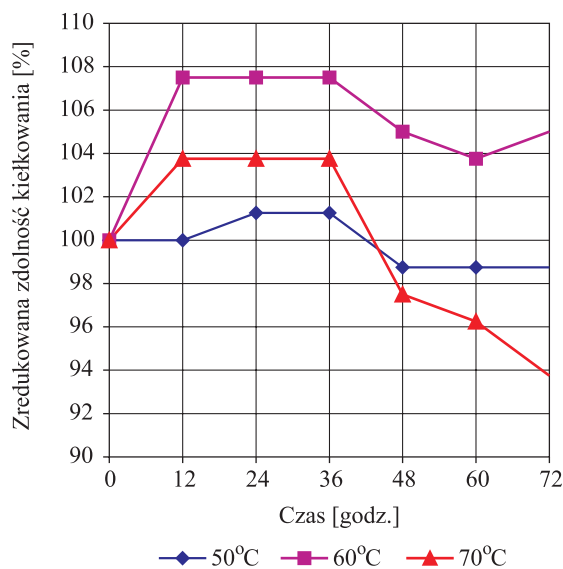
Uzyskane wyniki zdolności kiełkowania odnoszono do wartości zdolności kiełkowania próby kontrolnej, uzyskując tzw. zredukowaną zdolność kiełkowania:

$$ZK_{\text{red}} = \frac{ZK}{ZK_{\text{kontrola}}} \cdot 100, \% \quad (7.12)$$

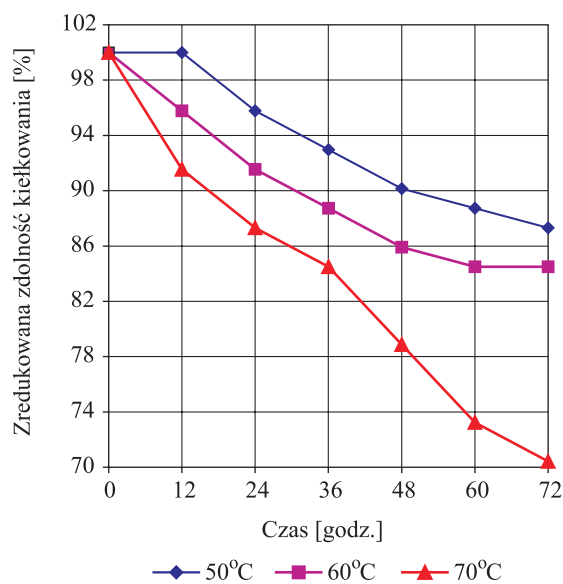
gdzie:

- ZK – zdolność kiełkowania, %,
- ZK<sub>kontrola</sub> – zdolność kiełkowania nasion przed ogrzewaniem, %,
- ZK<sub>red</sub> – zredukowana zdolność kiełkowania, %.

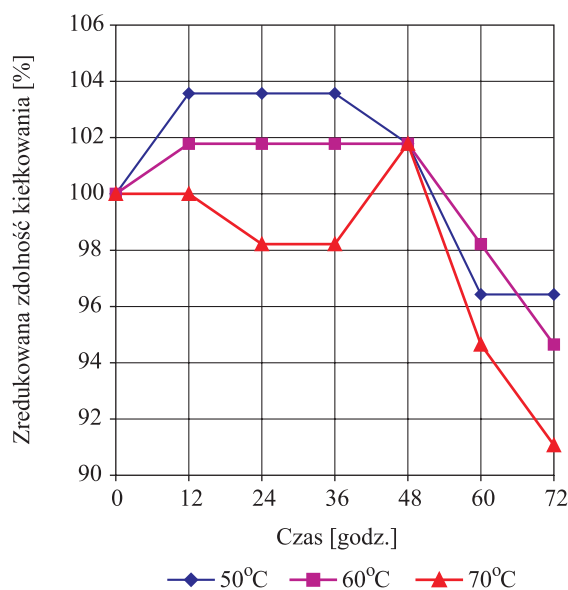
Na rysunkach 7.19 do 7.21 i w tabeli 7.18 przedstawiono wyniki zredukowanej zdolności kiełkowania nasion marchwi, pietruszki i kopru.



Rys. 7.19. Zredukowana zdolność kiełkowania nasion marchwi ogrzewanych przepływającym powietrzem o temperaturze 50, 60 i 70°C w czasie 0-72 godzin



Rys. 7.20. Zredukowana zdolność kiełkowania nasion pietruszki ogrzewanych przepływającym powietrzem o temperaturze 50, 60 i 70°C w czasie 0-72 godzin



Rys. 7.21. Zredukowana zdolność kiełkowania nasion kopru ogrzewanych przepływającym powietrzem o temperaturze 50, 60 i 70°C w czasie 0-72 godzin

Tabela 7.18. Zredukowana zdolność kiełkowania nasion po ogrzewaniu powietrzem

Gatunek Odmiana	Temperatura suszenia [°C]	Czas suszenia [godz.]						
		0	12	24	36	48	60	72
		Zdolność kiełkowania [%]						
Marchew Perfekcja	50	100	100	101	101	99	99	99
	60	100	108	108	108	105	104	105
	70	100	104	104	104	98	96	94
Pietruszka Ołomuńska	50	100	100	96	93	90	89	87
	60	100	96	92	89	86	85	85
	70	100	92	87	85	79	73	70
Koper Smaragd	50	100	104	104	104	102	96	96
	60	100	102	102	102	102	98	95
	70	100	100	98	98	102	95	91

Na podstawie uzyskanych wyników można przedstawić maksymalne czasy wytrzymałości nasion ogrzewanych gorącym powietrzem (tab. 7.19).

Nasiona ogrzewane gorącym powietrzem z upływem czasu ogrzewania tracą zdolność kiełkowania.

Tabela 7.19. Czasy odporności termicznej nasion ogrzewanych gorącym powietrzem w cienkiej warstwie bez utraty parametrów jakościowych nasion (wilgotność względna powietrza wlotowego przed podgrzewaczem ok. 50%, temperatura otoczenia ok. 20°C)

Gatunek – Odmiana	Temperatura powietrza		
	50°C	60°C	70°C
	Maksymalny czas wygrzewania		
Marchew Perfekcja	3 doby	3 doby	2 doby
Pietruszka Ołomuńska	2 doby	1 doba	0,5 doby
Koper Szmaragd	3 doby	3 doby	2,5 doby

Dla niektórych gatunków i parametrów procesu, tj. temperatury i czasu, zaobserwowano podwyższenie – w stosunku do próbek kontrolnych – zdolności kiełkowania nasion. Efekt ten może być spowodowany redukcją zakażeń mikologicznych nasion [Domoradzki i Dzieńiecki 2008] lub skróceniem dojrzewania późniejszego.

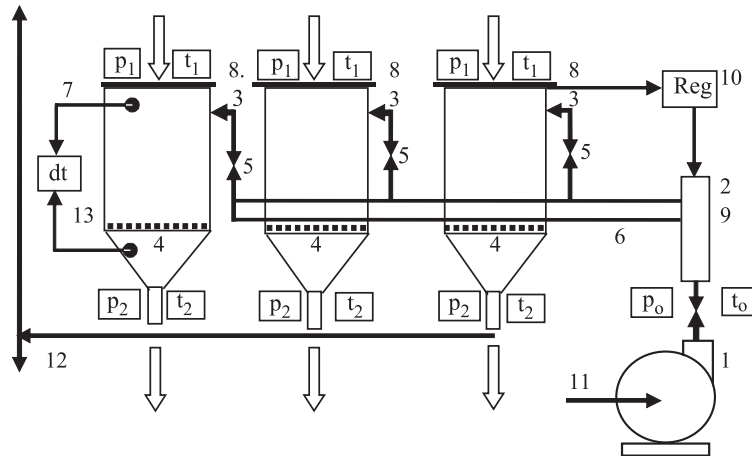
Suszenie nasion w suszarce przepływowej w temperaturze do 60°C w czasie do 2 dni nie powoduje obniżenia zdolności kiełkowania nasion roślin baldaszkowatych i to stanowi istotną przesłankę do opracowania modelu suszarki i parametrów operacji suszenia.

### 7.5.3. BUDOWA MODELU SUSZARNI DO NASION

Dotychczasowe wstępne badania operacji suszenia umożliwiły sformułowanie założeń dotyczących podstawowych parametrów stanowiska pomiarowego zestawu suszarni:

1. Suszarnia powinna umożliwiać suszenie nasion zarówno mokrych (po operacji płukania lub odkażania termicznego), jak i służyć do suszenia nasion wilgotnych (omłóconych po zbiorze).
2. Przepływ ciepłego powietrza w komorze powinien następować od „góry do dołu” w celu uniknięcia wywiewania nasion z komory i usunięcia wody z warstwy nasion.
3. Wysokość warstwy nie powinna przekraczać 1,0 m.
4. Temperatura powietrza suszącego powinna wynosić od 20 do 50°C.
5. Czas suszenia porcji nasion mokrych, z uwzględnieniem czasu obróbki mokrzej, nie powinien przekraczać 24 godzin.
6. Wilgotność końcowa nasion po wysuszeniu nie powinna być wyższa niż 6% masowych.
7. Pozorna prędkość przepływu powietrza (liczona na pusty aparat) powinna wynosić ok.  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
8. Jednorazowy wsad nasion do suszarni – maksymalnie 100 kg nasion mokrych o wilgotności ok. 50% masowych.

Na rysunku 7.22 przedstawiono schemat modelowej instalacji suszącej do nasion, składającej się z trzech komór suszących (fot. 7).



Rys. 7.22. Schemat suszarni konwekcyjnej z wymuszonym przepływem powietrza:  
 1 – wentylator, 2 – podgrzewacz powietrza, 3 – doprowadzenie powietrza do górnej części komory, 4 – ruchome sito, 5 – zawór regulujący dopływ powietrza, 6 – rurociąg wyrównujący ciśnienie, 7 – odprowadzenie wilgotnego powietrza, 8 – pokrywa, 9 – rozdzielacz powietrza, 10 – regulator tyrystorowy, 11 – linia powietrza z zewnątrz, 12 – wykrapalacz wody, 13 – termometr różnicowy

Wyposażenie suszarni umożliwia pomiar temperatury i ciśnienia oraz regulację temperatury powietrza zasilającego. Strumień objętościowy przepływu powietrza suszącego można regulować przez przymknięcie zaworu lub skokowo przez podłączenie kolejnych wentylatorów.

Zasadnicze części tej modelowej instalacji suszącej to:

- wysokociśnieniowy wentylator o wydajności ok.  $0,140 \text{ N}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  i sprężu do 16 kPa (ok. 1600 mm H<sub>2</sub>O),
- rozdzielacz umożliwiający podłączanie trzech wentylatorów,
- podgrzewacz powietrza z regulatorem temperatury pracującym w zakresie 0-100°C,
- dwukanałowe mierniki do pomiaru temperatury na wlocie i wylocie z suszarni,
- komory suszące wyposażone w wyjmowane sita,
- rurociągi doprowadzające ciepłe powietrze suszące i odprowadzające opary.

Suszarka składa się z cylindrycznych metalowych komór z lejami wysypowymi. W stożkowej dolnej części umieszczono ruchome dno sitowe. Pojemność komór w wersji modelowej wynosi: 50, 75 i 100 dm<sup>3</sup>. System regulacji temperatury i przepływu powietrza pozwala na bezobsługową pracę suszarni w porze nocnej.

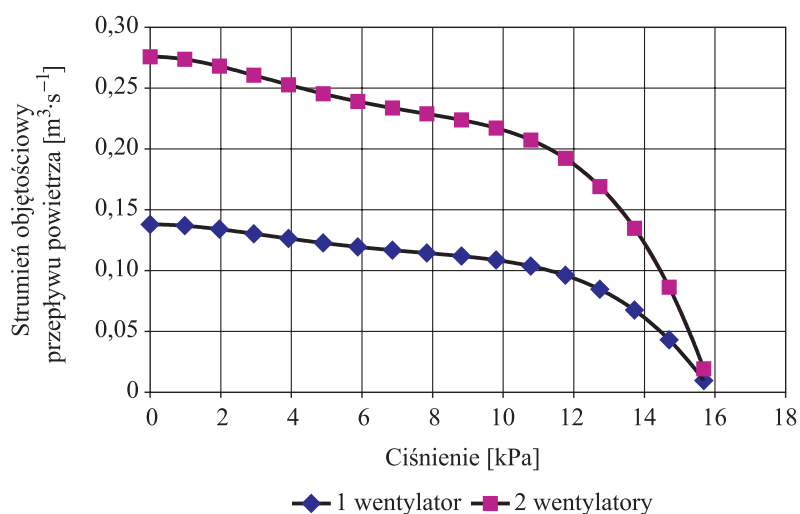
### 7.5.3.1. Dobór wentylatora i podgrzewacza powietrza

Do podawania powietrza do suszarni wybrano sześciostopniowy wentylator stosowany w odkurzaczach przemysłowych. Zależność objętościowego na-

tężenia przepływu powietrza od ciśnienia na wylocie z wentylatora dla pojedynczego wentylatora i dwóch wentylatorów połączonych równoległe podano w tabeli 7.20 i na rysunku 7.23.

Tabela 7.20. Charakterystyki wentylatorów przy częstotliwości obrotów wirnika  $108 \cdot s^{-1}$

Ciśnienie za wentylatorem		Objętościowe natężenie przepływu [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	
[kPa]	[mm H <sub>2</sub> O]	1 wentylator	2 wentylatory połączone równoległe
16,19	1187	0	0
15,92	1560	0,045	0,090
14,00	1372	0,075	0,150
12,00	1176	0,092	0,184
10,29	1008	0,110	0,220
8,29	812	0,118	0,236
4,57	448	0,123	0,246
0,07	7	0,136	0,272
0	0	0,140	0,280



Rys. 7.23. Zależność objętościowego natężenia przepływu od ciśnienia na wylocie z pojedynczego wentylatora i dwóch wentylatorów połączonych równoległe

Wykres pozwala na wyznaczenie strumienia objętościowego przepływu powietrza na podstawie pomiaru ciśnienia za wentylatorem.

Zależności przedstawione na rysunku 7.23 wyrażono wielomianem czwartego stopnia:

– dla jednego wentylatora:  $0 < P < 16,19 \text{ kPa}$  ( $0 < p < 1600 \text{ mm H}_2\text{O}$ )

$$V_{[\text{kPa}]} = -9,87 \cdot 10^{-6} \cdot P^4 + 2,16 \cdot 10^{-4} \cdot P^3 - 1,49 \cdot 10^{-3} \cdot P^2 + \\ + 1,73 \cdot 10^{-4} \cdot P + 0,1379 \quad (7.13)$$

$$V_{[\text{mm H}_2\text{O}]} = -9,10 \cdot 10^{-14} \cdot p^4 + 2,03 \cdot 10^{-10} \cdot p^3 - 1,43 \cdot 10^{-7} \cdot p^2 + \\ + 1,70 \cdot 10^{-6} \cdot p + 0,1379$$

– dla dwóch wentylatorów połączonych równolegle:  $0 < P < 16,19 \text{ kPa}$   
( $0 < p < 1600 \text{ mm H}_2\text{O}$ )

$$V_{[\text{kPa}]} = -1,97 \cdot 10^{-5} \cdot P^4 + 4,31 \cdot 10^{-4} \cdot P^3 - 2,98 \cdot 10^{-3} \cdot P^2 + \\ + 3,47 \cdot 10^{-4} \cdot P + 0,2758 \quad (7.14)$$

$$V_{[\text{mm H}_2\text{O}]} = -1,820 \cdot 10^{-13} \cdot p^4 + 4,06 \cdot 10^{-10} \cdot p^3 - 2,86 \cdot 10^{-7} \cdot p^2 + \\ + 3,40 \cdot 10^{-6} \cdot p + 0,2758$$

gdzie:

$V$  – strumień objętościowy przepływu powietrza,  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,

$p$  – ciśnienie powietrza za wentylatorem mierzone manometrem wodnym,  $\text{mm H}_2\text{O}$ ,

$P$  – ciśnienie powietrza za wentylatorem,  $\text{kPa}$ .

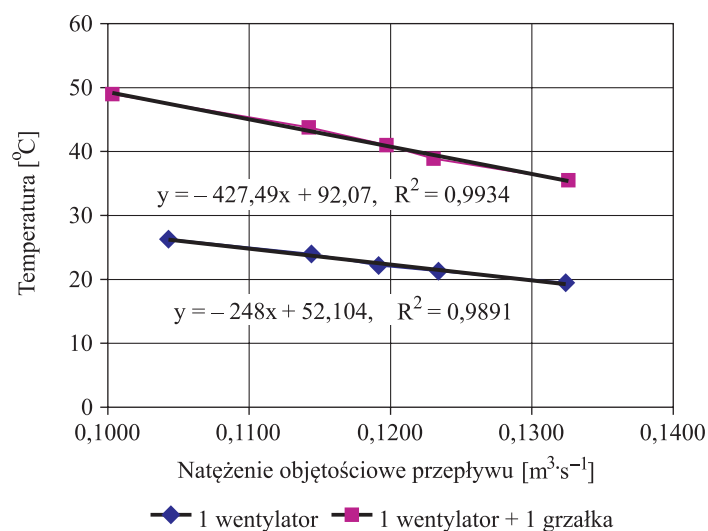
### 7.5.3.2. Badanie podgrzewacza powietrza

Wentylator podłączono do instalacji dostarczającej powietrze do suszarni wyposażonej w grzałki o mocy 2 kW i regulatory tyrystorowe. Wyznaczono maksymalną temperaturę podgrzania powietrza, jaką można uzyskać w tych warunkach (tab. 7.21). Temperatura zasysanego powietrza wynosiła  $10^\circ\text{C}$ , a jego wilgotność względna około 50%.



Tabela 7.21. Charakterystyka robocza wentylatora i podgrzewacza powietrza z grzałką 2 kW

Wentylator	Ciśnienie [kPa]	2,50	4,90	6,24	8,16	11,12
	Przepływ powietrza [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	0,1324	0,1234	0,1191	0,1144	0,1043
	Temperatura [ $^{\circ}\text{C}$ ]	19,50	21,30	22,20	24,00	26,30
Wentylator + grzałka 2 kW	Ciśnienie [kPa]	2,45	5,00	6,05	8,24	11,73
	Przepływ powietrza [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	0,1326	0,1230	0,1197	0,1142	0,1003
	Temperatura [ $^{\circ}\text{C}$ ]	35,50	38,90	41,00	43,80	49,00



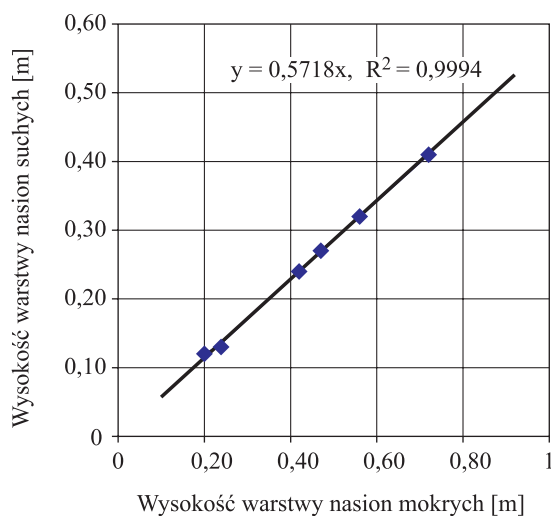
Rys. 7.24. Charakterystyka termiczna wentylatora i grzałki 2 kW w podgrzewaczu powietrza

#### 7.5.4. BADANIA PROCESU SUSZENIA NASION PO OPERACJACH MOKRYCH

Badania procesu suszenia mokrych nasion pietruszki przeprowadzono w trzykomorowej suszarce modelowej.

##### Metodyka

Nasiona po mokrej operacji termoterapii rozsypywano równomiernie do trzech komór suszarki o średnicy 0,4 m. Badania prowadzono w suszarni z jednym i dwoma wentylatorami. Mierzono masę, wilgotność i wysokość warstwy nasion mokrych i suchych (rys. 7.25).



Rys. 7.25. Zmiana wysokości warstwy nasion pietruszki po wysuszeniu

Podczas suszenia nasion rejestrowano ciśnienie za wentylatorami, temperaturę powietrza suszącego za podgrzewaczem, temperaturę i ciśnienie na wlocie do komory i na wylocie z komory suszącej. Suszenie odbywało się w temperaturze 40°C, przerywano je, gdy różnica temperatur na wlocie i wylocie z komory wynosiła 1,5°C.

Czas I etapu suszenia odczytywano z wykresu zmian temperatury na wylocie z suszarki w funkcji czasu suszenia. Wyniki tych badań przedstawiono w tabelach 7.22 i 7.23 oraz na rysunkach 7.26 i 7.27.

Rysunek 7.26 zawiera przykładowy wykres zmian ciśnienia przepływającego powietrza na warstwie nasion w czasie suszenia mokrych nasion pietruszki.

Zmiana różnicy ciśnień powietrza na warstwie nasion w miarę wysychania złoża wynika ze zmiany powierzchni swobodnej, przez którą przepływa powietrze, w początkowym etapie jest ona bowiem częściowo zajęta przez wodę zawartą pomiędzy nasionami. Drugi powód zmiany różnicy ciśnień powietrza to zmiana wysokości warstwy nasion podczas suszenia. Jest to spowodowane zmianą wilgotności i w konsekwencji objętości nasion mokrych.

Z wykresów na rysunku 7.26 wynika, że jednostkowy spadek ciśnienia powietrza  $dp/H$  na warstwie nasion niewiele się zmienia w czasie suszenia.

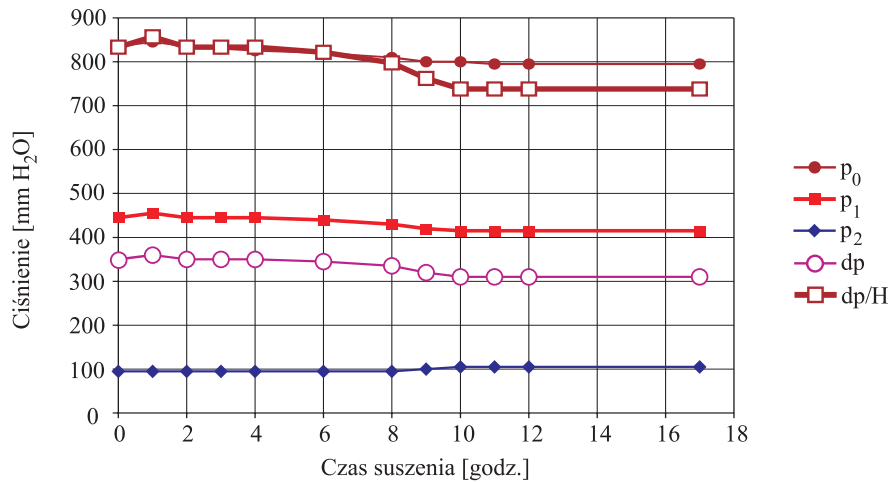
Zmiana temperatury na wylocie z komory suszącej nie występuje w początkowym okresie suszenia. Kosztem ciepła dostarczonego z ogrzonym czynnikiem suszącym następuje odparowanie wody i wilgotność względna powietrza na wylocie z suszarki wynosi 100%, a temperatura powietrza odlotowego z suszarki jest stała do końca I etapu suszenia.

Tabela 7.22. Prędkość przepływu powietrza przez suszarnię i zmiana wysokości warstwy nasion pietruszki

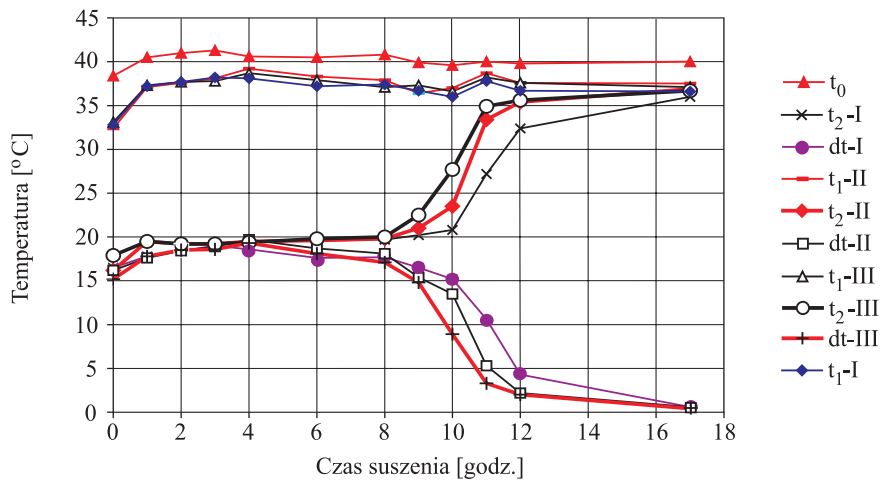
Lp.	Liczba wentylatorów	Masa nasion		Masa wody	Wilgotność nasion zmierzona w laboratorium		Ciśnienie $p_0$ [kPa]	Przepływ $V$ [ $\text{Nm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	Prędkość $u$ [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]	$H_1$ nasiona mokre [m]	$H_2$ nasiona suche
		mokre	suche		ułamek masowy	ułamek [s.m.]					
1	1	38,8	17,2	21,6	0,579	1,38	8,06	0,115	0,304	0,20	0,12
2	1	77,4	34,5	42,9	0,577	1,36	8,47	0,114	0,302	0,42	0,24
3	1	114,7	50,9	63,8	0,579	1,37	9,28	0,111	0,296	0,56	0,32
4	2	47,7	21,5	26,2	0,572	1,34	8,47	0,227	0,603	0,23	0,13
5	2	96,4	43,0	53,4	0,577	1,36	9,18	0,224	0,594	0,47	0,27
6	2	146,8	64,4	82,4	0,583	1,40	9,95	0,220	0,581	0,72	0,41

Tabela 7.23. Czas suszenia nasion pietruszki w suszarce oraz szybkość odparowania wody

Lp.	Liczba wentylatorów	Masa nasion		Masa wody	Wilgotność nasion zmierzona w laboratorium		Suszenie		Odparowanie	
		mokre	suche		ułamek masowy	ułamek [s.m.]	I etap	I-III etap	I etap	I-III etap
1	1	38,8	17,2	21,6	0,579	1,38	5,0	9,0	4,32	2,40
2	1	77,4	34,5	42,9	0,577	1,36	9,0	17,0	4,77	2,52
3	1	114,7	50,9	63,8	0,579	1,37	15,0	24,0	4,91	2,66
4	2	47,7	21,5	26,2	0,572	1,34	3,0	średnia	<b>4,66</b>	<b>2,53</b>
5	2	96,4	43,0	53,4	0,577	1,36	6,0	11,0	8,90	4,85
6	2	146,8	64,4	82,4	0,583	1,40	10,0	16,0	8,24	5,15
								średnia	<b>8,62</b>	<b>5,08</b>



Rys. 7.26. Spadek ciśnienia powietrza podczas suszenia 77,4 kg mokrych nasion pietruszki w suszarni trójkomorowej mierzony manometrem wodnym (wysokość początkowa złoża mokrego  $H_1 = 0,42$  m):  $p_0$  – ciśnienie powietrza za wentylatorem,  $p_1$  – ciśnienie powietrza na wlocie do komory suszarniczej,  $p_2$  – ciśnienie powietrza na wylocie z komory suszarniczej,  $dp$  – spadek ciśnienia powietrza na warstwie nasion,  $dp/H$  – jednostkowy spadek ciśnienia na warstwie nasion



Rys. 7.27. Zmiany temperatury powietrza podczas suszenia 77,4 kg mokrych nasion pietruszki w modelowej instalacji składającej się z 3 komór suszących:  $t_0$  – temperatura powietrza za wentylatorem,  $t_1-I$  – temperatura powietrza na wlocie do I komory suszarniczej,  $t_2-I$  – temperatura powietrza na wylocie z I komory suszarniczej,  $dt-I$  – spadek temperatury powietrza na warstwie nasion w I komorze suszarniczej; analogicznie dla pozostałych komór suszących

Po odparowaniu wody powierzchniowej oraz z przestrzeni międzyziarnowej następuje stopniowy wzrost temperatury powietrza w komorze do temperatury powietrza wlotowego i spadek różnicy temperatury na termometrze różnicowym (rys. 7.27).

### 7.5.5. KINETYKA SUSZENIA NASION

W celu wyznaczenia kinetyki suszenia nasion mokrych zbadano zmianę ich masy w czasie suszenia. Pomiaru dokonano w suszarce w pojedynczej komorze z jednym wentylatorem.

#### Metodyka

6 kg suchych nasion pietruszki (o wilgotności 8% masowych) poddano termoterapii. Po tej operacji masa nasion zwiększyła się do 9 kg. Mokre nasiona wsypano do worka siatkowego i umieszczono w komorze suszarki pracującej z jednym wentylatorem. Na regulatorze tyrystorowym ustawiono temperaturę 40°C. Co 4 minuty worek z nasionami ważono i zapisywano jego masę, wysokość warstwy nasion oraz temperaturę za podgrzewaczem, na wlocie i wylocie z komory suszarniczej. Mierzono różnicę temperatury przed i za warstwą nasion, obliczano szybkość suszenia, wilgotność nasion i zawartość wody ( $\text{kg H}_2\text{O}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.). Wyniki zestawiono w tabeli 7.24 oraz na rysunkach 7.28 i 7.29.

#### Parametry początkowe suszenia:

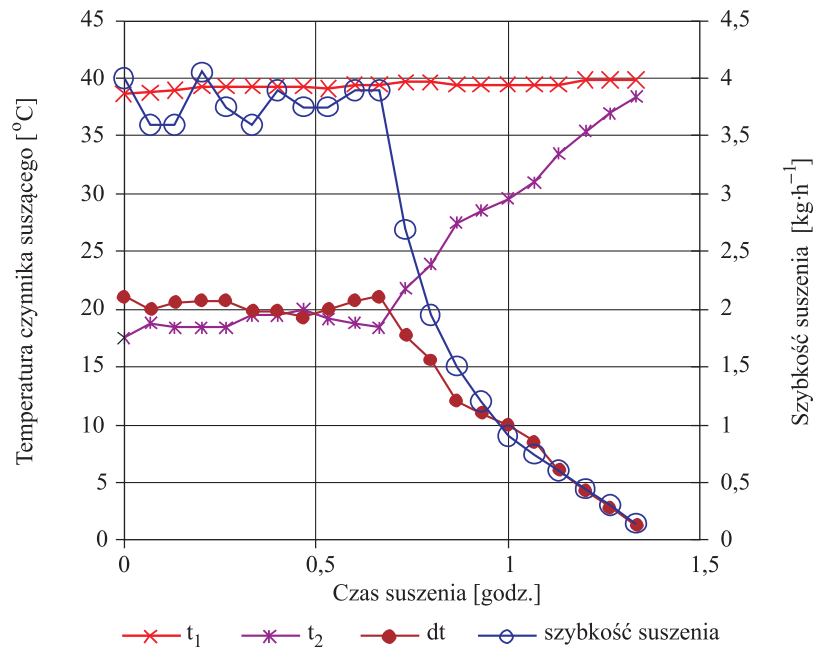
– średnica cylindra suszarki	– 0,3 m,
– wilgotność początkowa nasion pietruszki	– 38,8% mas.,
– zawartość początkowa wody w nasionach	– 0,633 $\text{kg H}_2\text{O}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.,
– wysokość początkowa warstwy nasion mokrych	– 0,420 m,
– temperatura w pomieszczeniu	– 20°C,
– wilgotność względna powietrza w 20°C	– 35%,
– temperatura na wlocie do komory	– ok. 39,5°C,
– ciśnienie powietrza za wentylatorem	– 12,24 kPa,
– objętościowa prędkość przepływu powietrza	– 0,10 $\text{Nm}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ,
– prędkość powietrza liczona na pusty aparat	– 1,42 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,

#### Parametry końcowe suszenia:

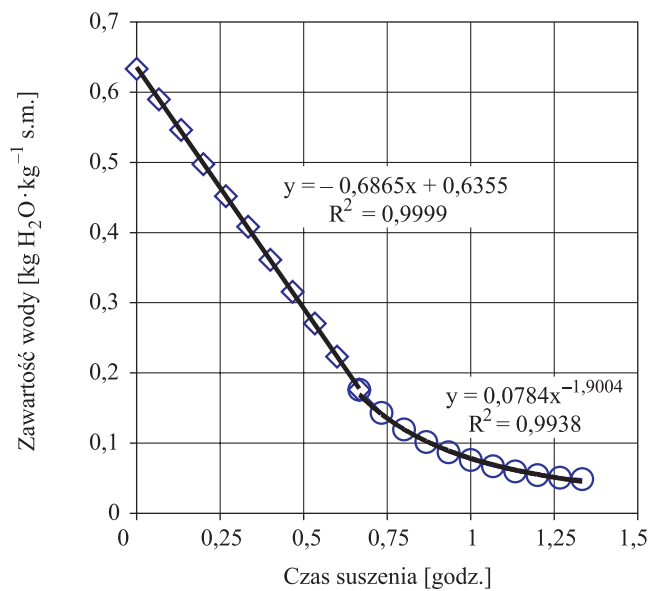
– czas suszenia	– 1,4 h,
– wilgotność końcowa nasion pietruszki	– 4,7% mas.,
– zawartość końcowa wody w nasionach	– 0,049 $\text{kg H}_2\text{O}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.,
– wysokość końcowa warstwy nasion suchych	– 0,360 m,
– różnica temperatury pod koniec suszenia	– ok. 1,3°C,
– szybkość odparowania wody dla I etapu suszenia	– ok. 4,0 $\text{kg H}_2\text{O}\cdot\text{h}^{-1}$ ,
– szybkość suszenia (I÷III etap)	– ok. 2,5 $\text{kg H}_2\text{O}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Tabela 7.24. Kinetyka konwekcyjnego suszenia mokrych nasion pietruszki w suszarce

Czas suszenia [godz.]	Temperatura				Masa nasion [kg]	Szybkość suszenia [kg·h <sup>-1</sup> ]	Wysokość złoża [m]	Wilgotność masowa [ułamek masowy]	Zawartość wody [kg H <sub>2</sub> O·kg <sup>-1</sup> s.m.]
	regulator t <sub>0</sub>	wlot t <sub>1</sub> -I	wylot t <sub>2</sub> -I	różnica dt-I					
		[°C]							
0,00	39,2	38,6	17,5	21,1	9,00	4,00	0,420	0,388	0,633
0,07	39,4	38,8	18,8	20,0	8,76	3,60	0,415	0,371	0,590
0,20	39,7	39,3	18,5	20,8	8,25	4,05	0,405	0,332	0,497
0,27	39,7	39,3	18,5	20,8	8,00	3,75	0,400	0,311	0,452
0,33	39,7	39,3	19,5	19,8	7,76	3,60	0,395	0,290	0,408
0,40	39,7	39,3	19,5	19,8	7,50	3,90	0,390	0,265	0,361
0,47	39,7	39,3	20,0	19,3	7,25	3,75	0,385	0,240	0,316
0,53	39,6	39,2	19,2	20,0	7,00	3,75	0,375	0,213	0,270
0,60	39,7	39,5	18,8	20,7	6,74	3,90	0,370	0,182	0,223
<b>0,67</b>	<b>39,7</b>	<b>39,5</b>	<b>18,5</b>	<b>21,0</b>	<b>6,48</b>	<b>3,90</b>	<b>0,360</b>	<b>0,150</b>	<b>0,176</b>
0,73	39,8	39,6	21,8	17,8	6,30	2,70	0,360	0,125	0,143
0,80	39,8	39,6	24,0	15,6	6,17	1,95	0,360	0,107	0,120
0,87	39,7	39,5	27,5	12,0	6,07	1,50	0,360	0,092	0,102
0,93	39,7	39,5	28,5	11,0	5,99	1,20	0,360	0,080	0,087
1,00	39,7	39,5	29,5	10,0	5,93	0,90	0,360	0,071	0,076
1,07	39,7	39,5	31,0	8,5	5,88	0,75	0,360	0,063	0,067
1,13	39,7	39,5	33,5	6,0	5,84	0,60	0,360	0,057	0,060
1,20	40,0	39,8	35,5	4,3	5,81	0,45	0,360	0,052	0,054
1,27	40,0	39,8	37,0	2,8	5,79	0,30	0,360	0,048	0,051
1,30	40,0	39,8	38,5	1,3	5,78	0,15	0,360	0,047	0,049



Rys. 7.28. Zmiana temperatury i kinetyka suszenia mokrych nasion pietruszki:  $t_1$  – temperatura powietrza na wlocie,  $t_2$  – temperatura powietrza na wylocie z komory suszarniczej,  $dt$  – różnica temperatur powietrza przed i pod warstwą suszonych nasion



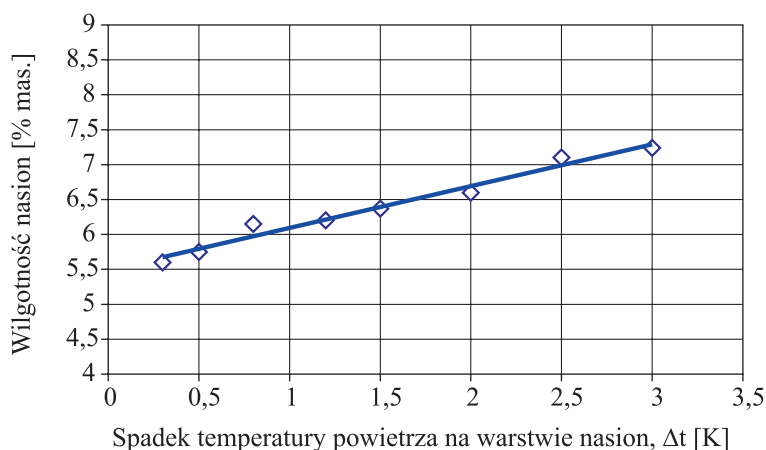
Rys. 7.29. Zmiana wilgotności mokrych nasion pietruszki w czasie suszenia

Podczas suszenia nasion mokrych przez pierwsze 40 minut następuje szybkie odparowanie wody. Uzyskuje się nasiona o zawartości ok. 15% mas. wilgotności, czyli zawartość wody w nich zmniejsza się o  $0,175 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

W I etapie suszenia zawartość wody w nasionach zmienia się liniowo, natomiast podczas II etapu zmiana zawartości wody daje się dokładnie wyrazić funkcją potęgową.

### 7.5.6. ZAKOŃCZENIE CYKLU SUSZARNICZEGO

Przeprowadzone badania suszenia różnych gatunków nasion warzyw wykazały, że miarą uzyskania ich właściwej wilgotności końcowej, a tym samym osiągnięcia momentu zakończenia procesu suszenia, może być określona różnica temperatury przed i za warstwą suszonych nasion. Wyniki badań zależności różnicy temperatury w funkcji wilgotności dla suszonych nasion pietruszki przedstawiono na rysunku 7.30.



Rys. 7.30. Zależność różnicy temperatury na warstwie nasion od wilgotności końcowej złoza dla pietruszki suszonej ciepłym powietrzem o temperaturze  $40^\circ\text{C}$

Uzyskane wyniki badań wykazały, że:

- czas suszenia nasion w grubej warstwie zależy od ilości wody w nasionach i liczby pracujących wentylatorów,
- można przyjąć dla suszarek średnie wartości odparowania wody przy temperaturze powietrza wlotowego  $t = 40^\circ\text{C}$ :
  - przy użyciu jednego wentylatora:
    - I etap ok.  $4,6 \text{ kg H}_2\text{O} \cdot \text{h}^{-1}$ ,
    - I + III etap ok.  $2,5 \text{ kg H}_2\text{O} \cdot \text{h}^{-1}$ ,
  - przy użyciu dwóch wentylatorów:
    - I etap ok.  $8,6 \text{ kg H}_2\text{O} \cdot \text{h}^{-1}$ ,
    - I + III etap ok.  $5,0 \text{ kg H}_2\text{O} \cdot \text{h}^{-1}$ ,



- czas suszenia 100 kg mokrych nasion w celu uzyskania 50 kg nasion suchych wynosi:
  - przy użyciu jednego wentylatora:
    - I etap            11 godzin,
    - I + III etap     20 godzin,
  - przy użyciu dwóch wentylatorów:
    - I etap            5,5 godziny,
    - I + III etap     10 godzin,
- spadek różnicy temperatury powietrza przed i za złożem określa zbliżający się koniec suszenia. Przy różnicy  $\Delta t = t_1 - t_2 = 1$  K nasiona pietruszki mają wilgotność końcową ok. 6,0% mas., przy  $\Delta t = t_1 - t_2 = 0,5$  K – ok. 5,7% mas. (dla wilgotności względnej powietrza 50% w temperaturze 20°C) przy temperaturze powietrza wlotowego za podgrzewaczem ok. 40°C.

## 7.6. OTOCZKOWANIE NASION

Do badania otoczkowania nasion wybrano metodę granulacji talerzowej. Granulator talerzowy powinien:

- 1) umożliwiać badania operacji granulacji okresowej w szerokim zakresie wielkości partii nasion – od 100 g do 5 kg, co wymaga zastosowania talerzy o różnych średnicach,
- 2) zapewniać możliwość regulacji kąta pochylenia talerza,
- 3) mieć możliwość regulacji częstości obrotowej talerza,
- 4) dozownik cieczy granulacyjnej powinien zapewniać jej rozpylanie do wielkości kropeł porównywalnej z wielkością cząstek pyłu do otoczkowania.

Na podstawie zależności Papadakisa i Bomlede [1961] na krytyczną częstotliwość obrotów talerza granulacyjnego wyliczono maksymalną częstotliwość obrotów dla kąta pochylenia talerza  $\alpha = 45^\circ$  [Domoradzki 1978]. Obroty rzeczywiste kształtują się na poziomie 0,75 obrotów krytycznych i na tej podstawie dobrano moc i obroty silnika motoreduktora:

$$n_{\text{kr}} = \frac{0,705}{\sqrt{D_g}} \cdot \sqrt{\sin \alpha}, \text{ obr.} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.15)$$

Średnica talerza  $D_g$  zależy od maksymalnego napełnienia talerza  $G_2$  w stosunku do prób na modelu o napełnieniu  $G_1$  i wynika z obciążenia powierzchni talerza  $F$ :

$$F_g = \frac{G_{g1}}{D_{g1}^2} = \frac{G_{g2}}{D_{g2}^2}, \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \quad (7.16)$$

Częstotliwość obrotów w funkcji średnicy talerza można obliczyć z zależności:

$$\frac{n_{g1}}{n_{g2}} = \sqrt{\frac{D_{g1}}{D_{g2}}} \quad (7.17)$$

Wysokość krawędzi wyliczano z zależności:

$$H_g = 0,4D_g, \text{ m} \quad (7.18)$$

Zapotrzebowanie mocy można w przybliżeniu określić wzorem:

$$N_g = 0,942 \cdot D_g^2, \text{ kW} \quad (7.19)$$

gdzie:

- $n_{\text{kr}}g$  – krytyczna częstość obrotów talerza,  $1 \cdot \text{s}^{-1}$ ,
- $\alpha$  – kąt pochylenia talerza,  $^\circ$ ,
- $G_g$  – maksymalne napełnienie granulatora, kg,
- $F_g$  – obciążenie powierzchni talerza,  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ,
- $D_g$  – średnica talerza, m,
- $n_g$  – częstość obrotów talerza,  $1 \cdot \text{s}^{-1}$ ,
- $N_g$  – zapotrzebowanie mocy do napędu granulatora, kW.

#### 7.6.1. APARAT MODELOWY DO OTOCZKOWANIA NASION

Do otoczkowania nasion warzyw zbudowano zestaw granulatorów talerzowych z regulowanym kątem pochylenia osi talerza o następujących średnicach: 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 i 1,2 m i o wysokości krawędzi wyliczonej z zależności (7.18). Do podawania cieczy granulacyjnej zastosowano rozpylacz ciśnieniowy hydrauliczny, zapewniający równomierne rozpylenie i precyzyjne dozowanie cieczy granulacyjnej.

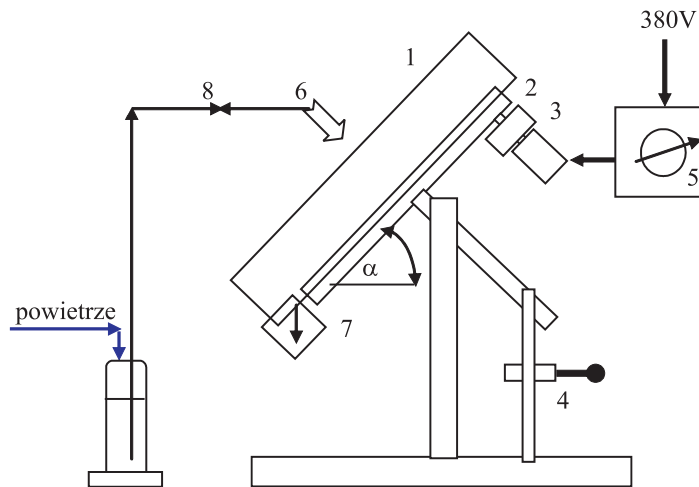
Granulator (rys. 7.31 i fot. 9, 10) składa się z podstawy, łoża do osadzenia talerza granulacyjnego, napędu z reduktorem obrotów, urządzenia do ustawiania kąta pochylenia talerza, talerza obrotowego. Napęd stanowią silniki trójfazowe o mocy ok. 0,25, 0,60 i 1,00 kW, sterowane falownikiem umożliwiającym płynną regulację obrotów talerza.

#### 7.6.2. CIECZ GRANULACYJNA

Ciecz do granulacji powinna charakteryzować się następującymi właściwościami:

- zawartością substancji klejącej w cieczy granulacyjnej – minimum 2%,
- lepkością roztworu, z uwagi na pracę rozpylacza – nie wyższą niż  $4 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ,
- dobrą zwilżalnością materiału granulowanego,
- dobrą przepuszczalnością otoczki dla wody oraz powietrza i łatwą ponowną rozpuszczalnością otoczki w wodzie,
- brakiem toksyczności dla nasion, gleby i organizmów żywych,
- odpowiednią wytrzymałością granulki po wyschnięciu.

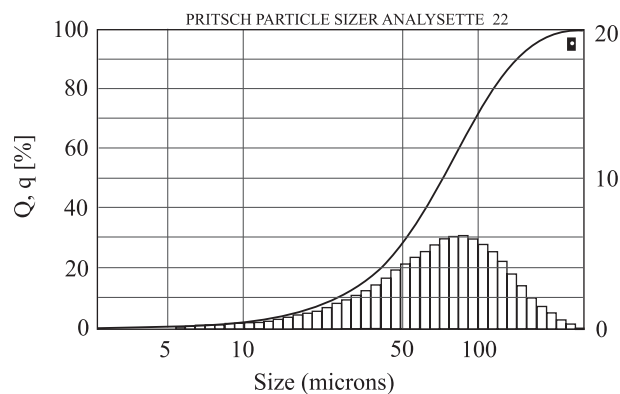
Z wielu substancji stosowanych do granulowania pyłów wybrano najmniej fitotoksyczne dla nasion: dekstrynę żółtą i alkohol poliwinylowy. Ciecz granulacyjną stanowiły wodne roztwory: dekstryny żółtej o stężeniu 5% mas. i alkoholu poliwinylowego o stężeniu 2,5% mas. [Domoradzki i Korpala 2008].



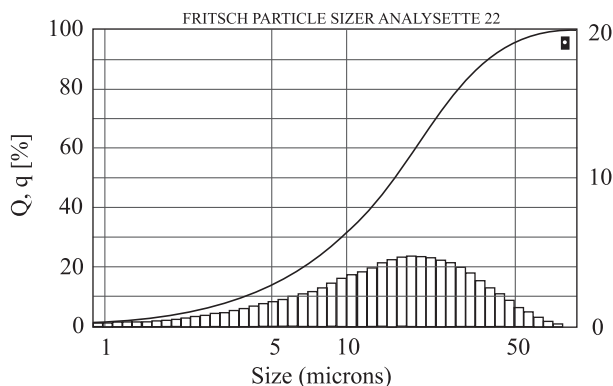
Rys. 7.31. Schemat stanowiska do badań granulacji talerzowej: 1 – talerz granulacyjny, 2 – podstawa talerza, 3 – silnik z przekładnią, 4 – podnośnik śrubowy, 5 – fałownik, 6 – rozpylacz ciśnieniowy, 7 – kątomierz, 8 – zawór regulacyjny cieczy granulacyjnej

### 7.6.3. CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁÓW PYLISTYCH

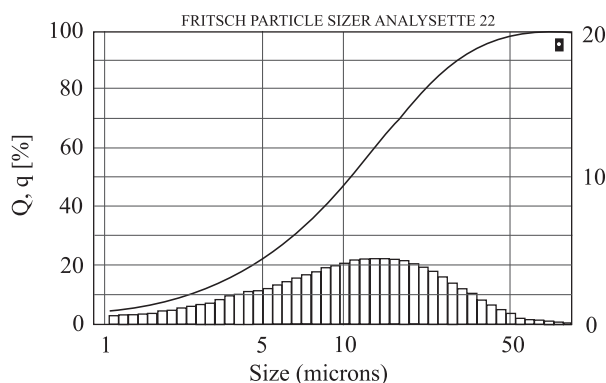
Do powlekania i otoczkowania nasion warzyw wybrano pyły: drzewny, dolomitowy, kaolinowy i torfowy (wysuszony i zmielony). Rozkład ziarnowy pyłów stosowanych do granulacji zmierzono laserowym licznikiem ziaren Analysette 22 firmy Fritsch i przedstawiono na wykresach od 7.32 do 7.34.



Rys. 7.32. Rozkład ziarnowy pyłu drzewnego



Rys. 7.33. Rozkład ziarnowy zmielonego dolomitu



Rys. 7.34. Rozkład ziarnowy kaolinu

Wykresy pozwalają ocenić przydatność poszczególnych pyłów do przeprowadzenia otoczkowania nasion. Funkcje gęstości rozkładów ziarnowych stosowanych do otoczkowania pyłów posiadają maksima: dla pyłu drzewnego około 90  $\mu\text{m}$ , dla dolomitu ok. 20  $\mu\text{m}$ , dla kaolinu ok. 15  $\mu\text{m}$ . Stopień rozdrobnienia materiałów do otoczkowania nasion dobrano metodą prób i błędów. Materiały gruboziarniste nie pozwalają na otoczkowanie nasion.

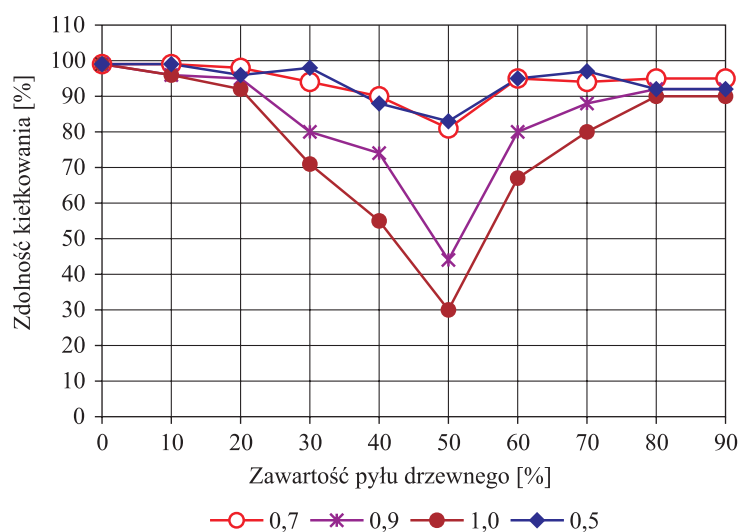
#### **Dobór zawartości pyłu drzewnego w mieszaninie do otoczkowania nasion**

Wyniki wcześniejszych badań wykazały, że nasiona warzyw kiełkują różnie w zależności od składu pyłu do otoczkowania, a w szczególności od zawartości pyłu drzewnego [Domoradzki 2005]. W celu ustalenia optymalnej zawartości pyłu drzewnego w otocie przeprowadzono badania zdolności kiełkowania otoczkowanych nasion marchwi.

#### **Metodyka**

Materiał do otoczkowania sporządzano z mieszaniny minerałów o składzie: 40% mas. kaolinu i 60% mas. dolomitu oraz z pyłu drzewnego dodawanego

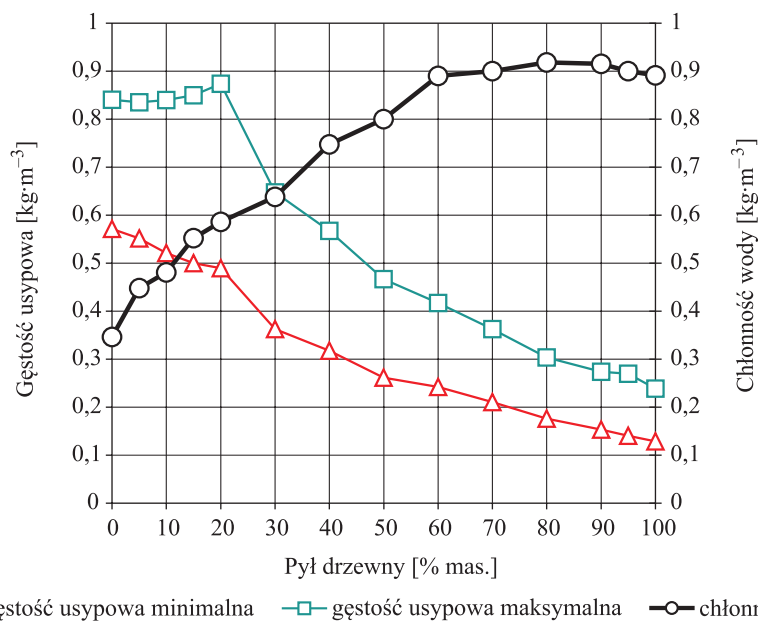
w ilości od 0 do 90%. Wykonano otoczkowanie nasion marchwi, stosując do otoczkowania 5% roztwory wodne dekstryny. Wysuszone nasiona otoczkowane kiełkowano w kasetach na bibułach złożonych w harmonie i przy różnym stopniu nasycenia wodą bibuły olejowej, według metodyki opisanej przez Domo-radzkiego [1999]. Wyniki badań zdolności kiełkowania nasion marchwi przy różnej zawartości pyłu drzewnego w otoczce i różnym stopniu nasycenia wodą podłoża do kiełkowania przedstawiono na rysunku 7.35.



Rys. 7.35. Kiełkowanie nasion marchwi w zależności od zawartości pyłu drzewnego w otoczce dla różnych stopni nasycenia wodą podłoża do kiełkowania

Najlepsze wyniki zdolności kiełkowania uzyskuje się w zakresach od 0 do 20% i od 80 do 90% zawartości pyłu drzewnego. Najmniejsze zmiany zdolności kiełkowania występują przy nasyceniu wodą podłoża do kiełkowania w zakresie od 0,5 do 0,7 stopnia.

Ważnym parametrem granulacji jest duża gęstość pyłu, a w związku z tym mała chłonność wody. Zawartość pyłu drzewnego w mieszaninie do otoczkowania powinna się więc kształtować w zakresie od 0 do 20% (rys. 7.36).



Rys. 7.36. Gęstości usypowa i chłonność wody w zależności od zawartości pyłu drzewnego w mieszance (40% mas. kaolinu i 60% mas. dolomitu)

## 7.7. PRZYGOTOWANIE NASION DO WYSIEWU NA PLANTACJI EKOLOGICZNEJ

Do badań wykorzystano niezaprawiane nasiona z hodowli konwencjonalnej. Elitarny materiał siewny przeznaczony na plantację ekologiczną rozdzielano na frakcje.

Do dalszych operacji przygotowawczych nasion do siewu wybrano frakcje o najwyższej zdolności kiełkowania. Do dalszych badań wzięto po 600 g materiału siewnego z każdego gatunku o następujących parametrach:

- marchew Perfekcja – frakcja 1,8-2,0 mm, zdolność kiełkowania 88%,
- pietruszka Ołomuńska – frakcja 1,2-1,4 mm, zdolność kiełkowania 98%,
- koper Szmaragd – frakcja 2,6-2,8 mm, zdolność kiełkowania 84%.

Przygotowano następujące rodzaje nasion roślin baldaszkowatych przeznaczonych do wysiewu na polatkach w gospodarstwie ekologicznym:

- nasiona kontrolne,
- nasiona po termoterapii,
- nasiona otoczkowane w kombinacjach:
  - z Chitosanem (1% roztwór w kleju),
  - z *Trichoderma viride*,
  - z *Pythium oligandrum* (Polyversum).

## 7.7.1. OBRÓBKA NASION PRZED SIEWEM

### 7.7.1.1. Kalibracja nasion

Wyniki kalibracji nasion oraz zdolności kiełkowania poszczególnych frakcji sitowych przedstawiono w tabeli 7.25.

Drukiem pogrubionym oznaczono w tabeli frakcje występujące w ilości większej niż 600 g i o wysokiej zdolności kiełkowania, użyte do wysiewu na plantacji ekologicznej.

### 7.7.1.2. Płukanie nasion, ich rozdział hydrostatyczny i odkażanie w gorącej wodzie

Płukanie, rozdział hydrostatyczny i odkażanie nasion w gorącej wodzie przeprowadzono dla wybranych frakcji marchwi Perfekcja i pietruszki Ołomuńcka w jednej operacji w następujący sposób:

- nasiona moczone w zimnej wodzie w temperaturze 15°C przez godzinę i usuwano nasiona pływające o najniższej gęstości,
- mokre nasiona poddawano termoterapii w temperaturze 50°C przez 20 minut,
- mieszaninę nasion studzono w dużej ilości zimnej wody i odsączano,
- nasiona suszono w temperaturze 45°C w czasie ok. 2-4 godzin.

#### 7.7.1.2.1. Wyniki odkażania nasion marchwi w gorącej wodzie

Próbkę wysuszonych nasion marchwi po termoterapii poddawano badaniom mikologicznym. Nasiona płukano przez 45 minut pod bieżącą wodą, potem trzykrotnie w wodzie sterylnej i wykładano (2×100) na zakwaszoną pożywkę PDA. Wyniki zebrano w tabeli 7.26.

Skuteczność tak przeprowadzonej termoterapii okazała się częściowa. Zmniejszyło się zasiedlenie nasion przez *Alternaria darcii* i *A. radicina* oraz *Fusarium avenaceum*, natomiast zakażenie grzybem *Phoma* sp. nie uległo praktycznie zmianie. Należy jednak podkreślić, że zabieg ten zniszczył również antagonistyczny w stosunku do patogenów grzyb *Trichoderma viride*.

#### 7.7.1.2.2. Wyniki odkażania nasion pietruszki w gorącej wodzie

Próbkę wysuszonych nasion pietruszki po termoterapii poddawano badaniom mikologicznym. Nasiona do badań płukano przez 45 minut pod bieżącą wodą, a następnie trzykrotnie w wodzie sterylnej i wykładano (2×100) na zakwaszoną pożywkę PDA. Wyniki przedstawiono w tabeli 7.27.

W przypadku badanych nasion pietruszki termoterapia skutecznie eliminowała grzyby zasiedlające nasiona.

Dostarczone nasiona elit hodowlanych wykazywały się dużą początkową czystością mikrobiologiczną, która ulegała dalszej poprawie w procesie odkażania termicznego w gorącej wodzie.

Tabela 7.25. Kalibracja elitarnego materiału siewnego

Lp.	Średnica oczka sita a [mm]	Średnica zastępcza d [mm]	Masa nasion na sicie [kg]	Zawartość frakcji x [% mas.]	Pozostałość na kolejnych sitach R [%]	Liczność [szt. g <sup>-1</sup> ]	Energia kielkowania EK [%]	Zdolność kielkowania ZK [%]
0	kontrola			Marchew Perfekcja			80	87
1	2,4	2,5	0,034	0,43	0,43	450	86	87
2	2,2	2,3	0,077	0,99	1,42	555	87	87
3	2,0	2,1	0,243	3,12	4,53	699	83	83
4	1,8	1,9	0,635	8,15	12,69	833	85	88
5	1,6	1,7	1,440	18,49	31,18	1000	83	83
6	1,4	1,5	2,240	28,76	59,94	1250	80	83
7	1,2	1,3	2,400	30,82	90,75	1540	72	84
8	1,0	1,1	0,720	9,25	100,00		0	74
Pietruszka Olomuńska								
0	kontrola						66	87
1	2,0	2,1	0,144	1,81	1,81	312	25	88
2	1,8	1,9	0,320	4,03	5,85	380	70	78
3	1,6	1,7	0,276	3,47	9,32	420	65	70
4	1,4	1,5	0,591	7,44	16,76	526	84	93
5	1,2	1,3	4,350	54,77	71,53	680	86	98
6	1,0	1,1	2,210	27,83	99,36	900	68	86
7	0,8	0,9	0,051	0,64	100,00	1100	48	75
Koper Szmaragd								
0	kontrola						56	84
1	3,0	3,1	0,046	0,55	0,55	396	62	81
2	2,8	2,9	0,204	2,44	2,99	431	70	85
3	2,6	2,7	0,780	9,32	12,31	460	68	84
4	2,4	2,5	1,860	22,22	34,53	540	59	78
5	2,2	2,3	2,390	28,55	63,08	588	70	84
6	2,0	2,1	1,680	20,07	83,15	705	73	84
7	1,8	1,9	1,410	16,85	100,00	833	70	81



Tabela 7.26. Wpływ termoterapii na zasiedlenie grzybami nasion marchwi

Grzyby	Procent zakażonych nasion	
	kontrola	po termoterapii
<i>Acremoniella fusca</i>	2,5	–
<i>Alternaria alternata</i>	90,0	48,5
<b><i>Alternaria dauci</i></b>	<b>2,0</b>	–
<b><i>Alternaria radicina</i></b>	<b>5,5</b>	<b>2,0</b>
<b><i>Fusarium avenaceum</i></b>	<b>2,5</b>	–
<b><i>Phoma</i> sp.</b>	<b>6,5</b>	<b>6,0</b>
<i>Trichoderma viride</i>	7,0	–
Kolonie niezarodnikujące	–	5,0

Drukiem pogrubionym oznaczono organizmy patogeniczne

Tabela 7.27. Wpływ termoterapii na zasiedlenie grzybami nasion pietruszki

Grzyby	Procent porażonych nasion	
	kontrola	po termoterapii
<i>Alternaria alternata</i>	33,0	–
<i>Chaetomium</i> sp.	–	0,5
<i>Epicoccum nigrum</i>	1,5	–
<i>Hormodendrum</i> sp.	2,0	–
<i>Macrosporium</i> sp.	2,5	–
Kolonie niezarodnikujące	7,0	–

### 7.7.1.3. Badania aplikacyjne preparatów biologicznych

Preparat Polyversum zawierał, zgodnie z deklaracją producenta, zarodniki grzybów *Pythium oligandrum* w ilości ok.  $1 \cdot 10^8$  jtk·g<sup>-1</sup>.

Niestabilność preparatu z zarodnikami *Trichoderma viride* (punkt 7.4.2) powoduje konieczność oznaczania w nich zawartości jednostek tworzących kolonie (jtk) bezpośrednio przed ich użyciem.

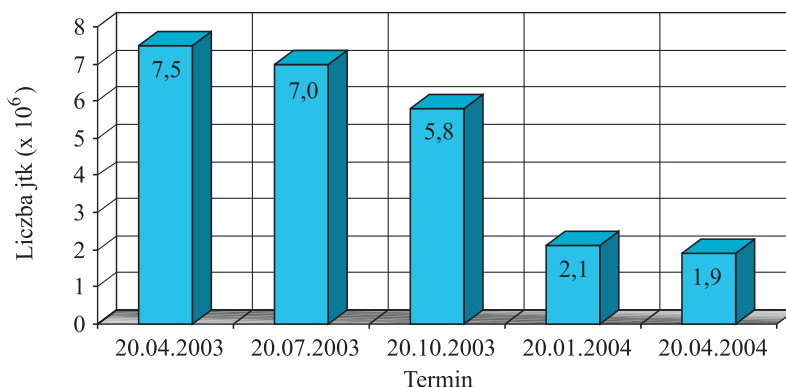
W preparacie z zarodnikami grzybów *Trichoderma viride* oznaczano liczbę jtk i żywotność dla każdej nowej dostawy. Wyniki zebrano w tabeli 7.28.

Tabela 7.28. Liczba jtk w stosowanym biopreparacie z *Trichoderma viride*

Dostawa	Liczba jtk w 1 g
I	$7,5 \cdot 10^6$
II	$1,0 \cdot 10^5$
III	$2,6 \cdot 10^6$
IV	$2,8 \cdot 10^8$

W celu sprawdzenia możliwości wykorzystywania biopreparatu badano ponadto żywotność grzyba *Trichoderma viride*, wyrażoną w liczbie jtk, w trakcie

długotrwałego przechowywania. Badania prowadzono co 3 miesiące. Żywotność zmniejszała się podczas przechowywania biopreparatu (rys. 7.37), należy więc sprawdzać w nim liczbę jtk przed każdym użyciem.



Rys. 7.37. Zmiana liczby jtk *Trichoderma viride* w 1 g preparatu podczas długotrwałego przechowywania

#### 7.7.1.3.1. Odporność termiczna preparatu z zarodnikami grzybów *Trichoderma viride*

W celu określenia odporności termicznej biopreparatu nanoszono preparat na wysterylizowane nasiona przez zanurzenie w czasie 5 minut w 5% zawiesinie wodnej *Trichoderma viride*. Następnie tak przygotowane nasiona umieszczano w ciepłarkach w temperaturze 22, 30 oraz 35°C i przetrzymywano przez 1 do 8 godzin, co 1 lub 2 godziny pobierając próbę na oznaczenie liczby jtk. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 7.29.

Tabela 7.29. Zawartość nasion porośniętych przez *Trichoderma viride* w funkcji temperatury i czasu wygrzewania

Czas [godz.]	Temperatura		
	22°C	30°C	35°C
	Zawartość nasion porośniętych przez <i>Trichoderma viride</i> [%]		
1,0	100,0	100,0	33,3
2,0	100,0	100,0	23,3
4,0	100,0	100,0	16,7
6,0	100,0	100,0	10,3
8,0	100,0	100,0	7,3

Jako maksymalne parametry obróbki nasion z zarodnikami *Trichoderma viride* przyjęto temperaturę 30°C i czas ogrzewania 6 godzin.

### 7.7.1.3.2. Określenie minimalnej dawki preparatu do inokulacji nasion

W celu określenia minimalnej dawki preparatu wykonano badania z nasionami, na które nanoszono różne dawki preparatów z *Trichoderma viride* i nasiona otoczkowano w granulatorze talerzowym. Doświadczenie obejmowało 2 serie eksperymentów: w pierwszej serii dodawano preparat zgodnie z zaleceniami producenta w ilości 0,5 g na 100 g nasion, a w drugiej serii – wyliczoną dawkę biopreparatu na podstawie liczebności, zakładając 10 zarodników na nasiono. Biopreparat dodawano do torfu i tą mieszaniną otoczkowano nasiona. W każdej serii wykonywano 10 prób. Wyniki przedstawiono w tabelach 7.30 i 7.31.

Tabela 7.30. Liczba jtk *Trichoderma viride* w otoczkach (I seria,  $N = 1 \cdot 10^5$ )

Gatunek	Średnia liczba jtk z <i>Trichoderma viride</i> – obliczona	Średnia liczba jtk w otoczce – zbadana	Zakres jtk w otoczkach
Pietruszka	0,91	1,2	0-2
Koper	0,94	1,0	0-1
Marchew	0,51	3,0	0-3
Biopreparat z <i>Trichoderma viride</i> w postaci suchej, w dawce 0,5 g na 100 g nasion, dodany do torfu			

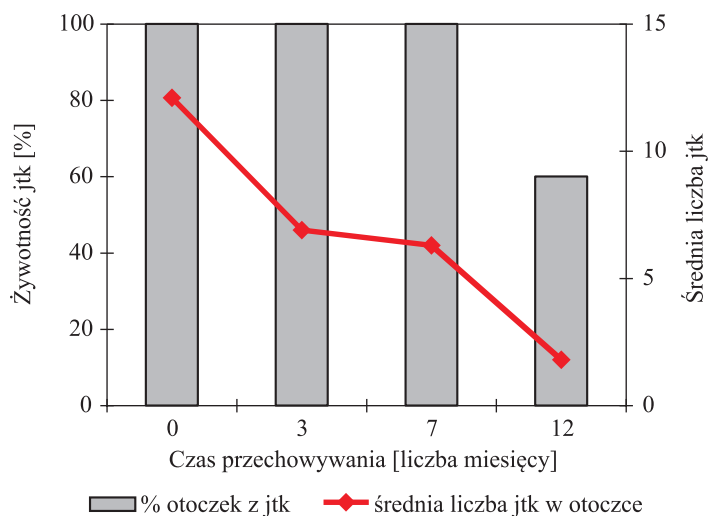
Tabela 7.31. Liczba jtk *Trichoderma viride* w otoczkach (II seria,  $N = 1 \cdot 10^5$ )

Gatunek	Dawka g·100 g <sup>-1</sup> nasion	% otoczek z jtk z <i>Trichoderma viride</i>	Średnia liczba jtk w otoczce	Zakres jtk w otoczkach
Pietruszka	5,52	100	8,6	1-6
Koper	5,32	88	3,9	1-5
Marchew	9,90	100	4,7	2-8
Dawka biopreparatu z <i>Trichoderma viride</i> wyliczona wg liczebności nasion, dodana do torfu				

Z analizy danych wynika, że dawkę biopreparatu należy określać na podstawie liczebności próbki nasion przy założeniu minimum 10 szt. zarodników na jedno nasionko w otoczce.

Zbadano także zmniejszanie się liczby jednostek tworzących kolonię w trakcie przechowywania nasion otoczkowanych z dodatkiem zarodników grzybów *Trichoderma viride*. Wyniki przedstawiono na rysunku 7.38.

Zaprawiane biopreparatem z *Trichoderma viride* nasiona mogą być składowane przez kilka miesięcy.



Rys. 7.38. Liczba jtk na przechowywanych nasionach otoczkowanych z dodatkiem zarodników grzybów *Trichoderma viride*

Przeprowadzone badania aplikacyjne pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- 1) konieczne jest określenie żywotności biopreparatów bezpośrednio przed ich użyciem i na tej podstawie należy ustalać dawkę preparatu z uwzględnieniem liczebności nasion,
- 2) dla osiągnięcia pożądanego stopnia pokrycia wszystkich nasion zarodnikami grzybów zaleca się stosowanie co najmniej 10-krotnego nadmiaru biopreparatu w stosunku do ilości obliczonej. Nadmiar ten powinien być jeszcze większy, gdyż nasiona poddaje się obróbce w niekorzystnych dla zarodników warunkach,
- 3) maksymalny czas obróbki mokrej i suszenia w temperaturze 30°C inokulowanych nasion nie może przekroczyć 6 godzin.

#### 7.7.1.4. Otoczkowanie nasion inokulowanych zarodnikami grzybów

Do otoczkowania nasion wysiewanych na plantację ekologiczną stosowano torf oraz pył o składzie: 45% kaolinu, 35% dolomitu i 20% pyłu drzewnego. Nasiona otoczkowano najpierw torfem, a następnie mieszaniną mineralną z pyłem drzewnym. Zbadano czystość mikrobiologiczną komponentów stosowanych do otoczkowania nasion, a wyniki zestawiono w tabeli 7.32.

Tabela 7.32. Grzyby występujące w komponentach stosowanych do otoczkowania nasion

Komponent	Ogólna liczba grzybów w 1 g	Najczęściej występujące gatunki grzybów
Torf	$1,6 \cdot 10^4$	<i>Trichoderma</i> spp., <i>Penicillium</i> spp., <i>Cladosporium</i> spp., <i>Mucor</i> spp.
Kaolin	$6,0 \cdot 10^2$	<i>Penicillium</i> spp., <i>Alternaria alternata</i> , <i>Cladosporium</i> spp., <i>Epicoccum purpurascens</i> , <i>Rhizopus nigricans</i> , <i>Mucor</i> spp.
Dolomit	$0,5 \cdot 10^2$	<i>Penicillium</i> spp., <i>Alternaria alternata</i> , <i>Cladosporium</i> spp.
Pył drzewny	$4,0 \cdot 10^2$	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium</i> spp., <i>Poecilomyces</i> spp.
Żółta dekstryna	$0,3 \cdot 10^2$	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium</i> spp., <i>Epicoccum purpurascens</i> , bakterie

Materiały do otoczkowania nie zawierały grzybów patogenicznych.

Ze względu na to, że otoczkowanie niewielkich nasion torfem przebiega najwolniej w etapie początkowym i proces ten trwa około 6 godzin, a zarodniki kiełkują przez około 6-8 godzin, proces granulacji rozłożono na dwa etapy:

- etap pierwszy: na 100 g nasion dodawano 70 g zmielonego torfu, nasiona otoczkowano torfem przez 4 godziny, a następnie suszono w powietrzu o temperaturze 25°C, uzyskując w ten sposób podkłady do nakładania zarodników,
- w drugim etapie na nasiona z podkładem torfowym dodawano 30 g torfu zmieszanego z zarodnikami grzybów, potem na powłokę z torfu nakładano 200 g mieszaniny pyłów do otoczkowania.

Otoczkowanie prowadzono przy użyciu 5% roztworu dekstryny przez około 1-4 godzin. Warstwę powierzchniową otoczek wykonywano z mieszaniny 20 g talku i barwnika (dla rozróżnienia otok) w czasie około 30 minut. Po granulacji otoczki szybko suszono, stosując duże natężenie przepływu powietrza o temperaturze 30°C w czasie około 3-4 godzin. Łączny czas granulacji i suszenia (operacji mokrych) z zarodnikami nie przekraczał 6 godzin.

Masa nasion po granulacji zwiększała się 4-krotnie, czyli masa partii wysuszonych nasion otoczkowanych wynosiła około 400 g.

Po otoczkowaniu nasion i ich wysuszeniu sprawdzano liczbę jednostek tworzących kolonię i określano współczynnik przeżycia oraz pobierano próbę do oznaczania energii i zdolności kiełkowania. Wyniki zebrano w tabelach 7.33 i 7.34, przy czym próby kiełkowania nasion otoczkowanych przeprowadzono przy różnych stopniach nasycenia wodą podkładu do kiełkowania.

Dla procesu otoczkowania nasion z zarodnikami *Trichoderma viride*, według przedstawionej technologii otoczkowania, współczynnik przeżycia zarodników jest wysoki i wynosi od 87% dla otok pietruszki do 32% dla otok kopru.

Tabela 7.33. Liczba zarodników *Trichoderma viride* na nasionach warzyw przygotowanych do wysiewu

Gatunek Odmiana	Licz- ność [szt.·g <sup>-1</sup> ]	Ilość preparatu z <i>Trichoderma viride</i> [g·100 g <sup>-1</sup> nasion]	Liczba zarodników <i>Trichoderma viride</i> przypadających na nasiono		Współ- czynnik przeżycia [%]
			obliczona	stwierdzona	
Marchew Perfekcja	990	9,90	10,0	6,0	60
Pietruszka Ołomuńska	552	5,52	10,0	8,7	87
Koper Smaragd	532	5,32	10,0	3,2	32

Tabela 7.34. Zdolność kiełkowania nasion inokulowanych grzybem *Trichoderma viride*

Gatunek Odmiana	Ilość preparatu z <i>Trichoderma viride</i> [g·100 g <sup>-1</sup> nasion]	Zdolność kiełkowania [%]	
		nasion kontrolnych	nasion z <i>Trichoderma viride</i>
Koper Smaragd	5,32	91	95
Marchew Perfekcja	9,90	82	85
Pietruszka Ołomuńska	5,52	80	83

W tabelach 7.35 i 7.36 porównano liczbę zarodników *Trichoderma viride* wprowadzonych do badanych nasion z liczbą zarodników po otoczkowaniu i suszeniu przy różnym stopniu nasycenia wodą podłoża (0,7 – tabela 7.35 i 1,0 – tabela 7.36).

Tabela 7.35. Zdolność kiełkowania nasion otoczkowanych z zarodnikami grzybów (stopień nasycenia wodą podłoża do kiełkowania 0,7)

Gatunek Odmiana	Zdolność kiełkowania nasion [%]		
	kontrolnych	z Polyversum	z <i>Trichoderma viride</i>
Koper Smaragd	74	84	88
Marchew Perfekcja	67	84	71
Pietruszka Ołomuńska	80	82	83

Tabela 7.36. Zdolność kiełkowania nasion otoczkowanych z zarodnikami grzybów (stopień nasycenia wodą podłoża do kiełkowania 1,0)

Gatunek Odmiana	Zdolność kiełkowania nasion [%]		
	kontrolnych	z Polyversum	z <i>Trichoderma viride</i>
Koper Smaragd	74	74	77
Marchew Perfekcja	67	74	72
Pietruszka Ołomuńska	80	77	79

Oznaczona liczba zarodników jest wartością średnią z liczby kolonii wykiełkowanych z eluacji 10 nasion.

Zaobserwowano nierównomierność pokrycia zarodnikami nasion marchwi – od 5 do 8 szt.

Liczba zarodników *Trichoderma viride* w procesie otoczkowania na mokro podlega redukcji w wyniku kiełkowania zarodników grzyba i ich niszczenia w czasie dalszego suszenia.

Nasiona otoczkowane z zarodnikami *Trichoderma viride* kiełkują lepiej od kontrolnych przy stopniu nasycenia wodą podłoża do kiełkowania równym 0,7 i nie gorzej od kontrolnych przy stopniu nasycenia 1,0.

### 7.7.2. PRZYGOTOWANIE NASION DO SIEWU W PIERWSZYM ROKU DOŚWIADCZEŃ POLOWYCH

Wyselekcjonowany metodą kalibracji elitarny materiał siewny przeznaczono do doświadczeń polowych w pierwszym roku eksperymentów. Masę preparatu zawierającego zarodniki *Trichoderma viride*, dodawanego do nasion, dobierano w ten sposób, by obliczona liczba zarodników przypadająca na jedno nasiono wynosiła 10 sztuk. Stwierdzono przy tym, że w 1 g preparatu znajdowało się  $1,0 \cdot 10^5$  zarodników *Trichoderma viride*. Porównanie kiełkowania badanych nasion po różnych obróbkach przedstawiono w tabelach 7.37-7.39.

Tabela 7.37. Wyniki kiełkowania nasion pietruszki po każdej operacji obróbki nasion

Rodzaj nasion	Kiełkowanie nasion w % po dniach:															
	0	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	21		
Nasiona surowe (kontrola)	0	0	17	46	64	66	78	80	81	88	90	97	98	98		
Nasiona odkażane termicznie	0	0	30	61	66	76	76	79	81	83	86	88	88	88		
Nasiona surowe (kontrola) + otoczka f=0,7	0	0	12	45	60	76	80	80	82	82	84	85	86	86		
Nasiona z 1% chitosanem + otoczka f=0,7	0	0	14	48	68	79	82	84	85	85	85	85	85	85		
Nasiona z <i>Trichoderma viride</i> + otoczka f=0,7	0	0	18	40	66	77	72	79	79	82	83	83	83	83		
Nasiona z Polyversum + otoczka f=0,7	0	0	14	33	66	78	80	82	82	82	82	82	82	82		

f – stopień nasycenia wodą podłoża do kiełkowania

Tabela 7.38. Wyniki kiełkowania nasion kopru po każdej operacji obróbki nasion

Rodzaj nasion	Kiełkowanie nasion w % po dniach:														
	0	3	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	21	
Nasiona surowe (kontrola)	0	0	8	26	54	58	68	80	84	84	84	84	84	84	
Nasiona surowe (kontrola) + otoczka $f=0,7$	0	0	10	30	50	61	65	73	77	80	82	87	87	87	
Nasiona z 1% chitosanem + otoczka $f=0,7$	0	0	4	18	48	60	62	74	75	85	85	85	85	85	
Nasiona z <i>Trichoderma viride</i> + otoczka $f=0,7$	0	0	10	20	46	67	78	78	79	88	88	88	88	88	
Nasiona z Polyversum + otoczka $f=0,7$	0	0	14	23	36	58	60	74	78	82	84	84	84	84	

$f$  – stopień nasycenia wodą podłoża do kiełkowania

Tabela 7.39. Wyniki kiełkowania nasion marchwi po każdej operacji obróbki nasion

Rodzaj nasion	Kiełkowanie nasion w % po dniach:									
	0	2	3	4	5	7	8	10	12	14
Nasiona surowe (kontrola)	0	0	17	46	64	78	82	84	88	88
Nasiona odkażane termicznie	0	0	30	64	71	76	80	86	86	86
Nasiona surowe (kontrola) + otoczka $f=0,7$	0	0	22	55	65	72	74	77	78	78
Nasiona z 1% chitosanem + otoczka $f=0,7$	0	0	25	59	68	74	76	77	77	77
Nasiona z <i>Trichoderma viride</i> + otoczka $f=0,7$	0	0	47	48	57	68	76	77	78	78
Nasiona z Polyversum + otoczka $f=0,7$	0	0	30	64	71	80	80	80	80	80

$f$  – stopień nasycenia wodą podłoża do kiełkowania

Podsumowując otrzymane wyniki można stwierdzić, że:

- 1) otoczkowanie i suszenie inokulowanych nasion powoduje zmniejszenie stopnia przeżycia zarodników *Trichoderma viride* na nasionach,
- 2) zaobserwowano niejednorodność pokrycia nasion zarodnikami *Trichoderma viride* i różny współczynnik przeżycia zarodników inokulowanego grzyba. Aby zapewnić pokrycie zarodnikami wszystkich nasion, należałoby zastosować kilkunastokrotny nadmiar preparatu w stosunku do ilości obliczonej, np.  $\Omega = 15$  (wzór 7.10),
- 3) testy kiełkowania nie wykazują poprawy energii i zdolności kiełkowania nasion inokulowanych zarodnikami grzybów. Trzeba jednak zaznaczyć, że wyjściowe parametry tych nasion były bardzo wysokie.

### 7.7.3. DOŚWIADCZENIA WAZONOWE BADANYCH NASION

W warunkach wazonowych wykonano szereg doświadczeń mających na celu określenie wpływu sposobu przygotowania nasion na ich kiełkowanie oraz wzrost i zdrowotność wschodów w warunkach kontrolowanych:

- porównywano nasiona otoczkowane z kontrolnymi,
- porównywano wpływ sposobu obróbki nasion na kiełkowanie.

Badania wykonywano w komorze klimatycznej Katedry Fitopatologii UTP w Bydgoszczy. Doświadczenia zakładano w 5 powtórzeniach, a w tabelach podano wartości średnie dla tych pomiarów.



### 7.7.3.1. Marchew

Wykonano badania wazonowe nasion marchwi przygotowanych do wysiania na plantację nasienną. Doświadczenia zakładano w pięciu powtórzeniach, jedno powtórzenie stanowił wazon z 20 nasionami. Obserwacje wschodu siewek dokonywano po 10 i 20 dniach od wysiewu (tab. 7.40).

W obu terminach nasiona otoczkowane wschodziły później i cechowały się mniejszą średnią wysokością siewek.

Tabela 7.40. Liczba i wysokość siewek marchwi w doświadczeniu wazonowym

Kombinacja	I termin obserwacji			II termin obserwacji		
	średnia wysokość [mm]	wschody		średnia wysokość [mm]	wschody	
		liczba	% do kontroli		liczba	% do kontroli
Kontrola	14,4	45	100,0 a	15,3	56	100,0 a
Polyversum + otoczka	11,6	41	91,1 ab	12,9	50	89,3 b
<i>T. viride</i> + otoczka	11,2	43	95,5 ab	12,2	52	92,9 b
Chitosan + otoczka	13,3	39	86,7 b	14,8	51	91,1 b

Jednakowymi literami w kolumnie oznaczono wartości nieróżniące się istotnie ( $\alpha = 0,05$ )

### Płukanie nasion

Z przeprowadzonych eksperymentów wynika, że płukanie nasion pozytywnie wpłynęło na kiełkowanie w warunkach doświadczenia wazonowego. Najkorzystniej na kiełkowanie wpływają otoczkowanie i inokulacja (tab. 7.41).

Tabela 7.41. Wpływ płukania i zaprawiania nasion marchwi preparatem *Trichoderma viride* na zdolność kiełkowania w doświadczeniu wazonowym

Kombinacje nasion	Zdolność kiełkowania [%]	Liczba jtk na nasieniu (w otoczce)
Kontrola	50,0 b	–
Płukane	67,0 a	–
Płukane + otoczka	65,0 a	–
Płukane, zaprawiane <i>T. viride</i> (bez otoczki)	68,0 a	173,5
Płukane, zaprawiane <i>T. viride</i> + otoczka	73,0 a	46,0

Jednakowymi literami w kolumnie oznaczono wartości nieróżniące się istotnie ( $\alpha = 0,05$ )

Porównując nasiona inokulowane zarodnikami grzyba *Trichoderma viride* bez otoczki i z otoczką trzeba zauważyć ujemny wpływ suszenia na przeżywalność zarodników. Należy więc zwiększyć dawkę preparatu przy inokulacji. Zaznaczyć także trzeba, że nie zaobserwowano siewek z makroskopowymi objawami chorobowymi, w tym także w kombinacji kontrolnej. W porównaniu z nasionami kontrolnymi wszystkie metody obróbki nasion dają znaczną poprawę

zdolności ich kiełkowania. Największy przyrost zdolności kiełkowania uzyskano dla nasion płukanych z zarodnikami *Trichoderma viride* bez otoczki i w otoczce.

### 7.7.3.2. Pietruszka

Wpływ płukania i zaprawiania nasion pietruszki preparatem *Trichoderma viride* na liczbę wschodów siewek w doświadczeniu wazonowym przedstawiono w tabeli 7.42.

Tabela 7.42. Wpływ zaprawiania nasion pietruszki preparatem *Trichoderma viride* na zdolność kiełkowania w doświadczeniach wazonowych

Kombinacje nasion	Zdolność kiełkowania [%]
Kontrola	42
Płukane + otoczka	45
Płukane, zaprawiane <i>Trichoderma viride</i> (bez otoczki)	43
Płukane, zaprawiane <i>Trichoderma viride</i> + otoczka	42

Przedstawione wyniki wykazują, że płukanie powoduje minimalne polepszenie zdolności kiełkowania nasion pietruszki.

### 7.7.4. BADANIA POLOWE

Doświadczenia prowadzono na polach produkcyjnych gospodarstwa ekologicznego w Kiełpinie. Uprawy założono na glebie należącej do klasy bonitacyjnej IIIa i IIIb. Odczyn gleby wynosił odpowiednio pH = 7,0 i pH = 6,6. Dane pochodzą z badań wykonanych przez Okręgową Stację Chemiczno-Rolniczą w Bydgoszczy. W tabeli 7.43 przedstawiono wyniki analizy gleby na poletkach doświadczalnych (wg danych Stacji Chemiczno-Rolniczej w Bydgoszczy).

Tabela 7.43. Wyniki analizy gleby na poletkach doświadczalnych

Gęstość [g·cm <sup>-3</sup> ]	Zasolenie	pH		Zawartość w glebie [mg·dm <sup>-3</sup> ]								
		H <sub>2</sub> O	KCl	N	P	K	Mg	Ca	Cl	Zn	Cu	Mn
1,10	0,25	5,3	5,2	20	15	53	116	400	15	9,4	1,09	9,5
1,14	0,29	6,1	5,7	17	31	105	112	460	18	22,3	1,04	9,0
1,24	0,26	6,0	5,7	16	25	70	57	540	19	9,9	1,38	10,3

Charakterystyczne dla terenu, na którym prowadzono doświadczenie, są niskie opady i okresowe niedobory wody. Średnia suma rocznych opadów waha się w granicach 450-550 mm. Mała ilość opadów, wiatry oraz znaczne nasłonecznienie powodują, że klimat jest raczej suchy, a rośliny w pewnych okresach mają niedostateczną ilość wody. Z tego względu poletka doświadczalne deszczowano.

W 2003 roku, od początku kwietnia do końca września, spadło łącznie tylko 260,6 mm deszczu (tab. 7.44). Maj był miesiącem o opadach najbardziej zbliżo-

nych do tych, które występowały w wieloleciu (lata 1966-1995). Najwięcej opadów (118,5 mm) odnotowano w lipcu, a najmniej we wrześniu (znacznie mniej niż w tym samym miesiącu w wieloleciu).

Tabela 7.44. Dane pogodowe dla Chojnic w 2003 r. (wg Biuletynu Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej)

Miesiąc	Opady [mm]		Średnia temperatura [°C]	
	2003	1966-1995	2003	1966-1995
IV	26,5	34,0	6,4	6,2
V	42,4	49,0	13,8	12,0
VI	38,3	70,0	16,8	15,1
VII	118,5	69,0	18,4	16,8
VIII	29,3	57,0	17,4	16,5
IX	15,6	51,0	13,5	12,2

Dane potwierdzają również, że okres wegetacji w 2003 roku pod względem temperatur różnił się od średnich z wielolecia. We wszystkich miesiącach średnie temperatury powietrza były wyższe od średniej wieloletniej.

W roku 2004 średnie miesięczne temperatury powietrza były zbliżone do średnich z wielolecia (tab. 7.45).

Tabela 7.45. Dane pogodowe dla Chojnic w 2004 r. (wg Biuletynu Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej)

Miesiąc	Średnia temperatura powietrza [°C]	A* [°C]	Średnia temperatura gruntu na głębokości 5 cm [°C]	Opady atmosferyczne [mm]	B** [%]
I	-5,4	-3,3	-1,2	42,5	126
II	0,1	1,5	-0,1	50,3	201
III	3,0	1,2	2,6	44,3	124
IV	7,8	1,3	8,6	23,3	72
V	11,1	-1,1	12,8	91,7	185
VI	14,3	-0,7	16,7	67,1	98
VII	16,0	-0,8	17,8	58,8	85
VIII	18,1	1,5	19,3	128,8	225
IX	13,0	0,8	13,8	26,0	51
X	8,9	1,3	8,8	78,6	185
XI	3,1	0,6	3,2	45,7	109
XII	1,6	2,1	1,5	31,8	128

\* A – odchylenie średniej temperatury od normy za okres 1971-2000

\*\* B – % normy za okres 1971-2000

Według klasyfikacji termicznej był to rok normalny termicznie. Sumy roczne opadów w skali kraju oceniono jako normalne, a dla Chojnic stanowiły 129% normy. Był to więc rok bardzo wilgotny.

Doświadczenia polowe w pierwszym roku (2003) obejmowały:

- dla roślin jednorocznych – otrzymywanie nasion ekologicznych kopru odmiany Szmaragd,
- dla roślin dwuletних – uzyskanie materiału wysadkowego marchwi odmiany Perfekcja i pietruszki odmiany Ołomuńska.

Badania polowe w drugim roku (2004) obejmowały:

- uzyskanie z wysadzonych korzeni nasion ekologicznych dla marchwi odmiany Perfekcja i pietruszki odmiany Ołomuńska.

Badania prowadzono na nasionach kontrolnych i uszlachetnionych bez stosowania w polu jakichkolwiek zabiegów ochronnych w całym okresie wegetacji – tzw. kontrola bezwzględna.

Doświadczenie zakładano w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach na poletkach o powierzchni 6 m<sup>2</sup>. Nasiona pietruszki i kopru wysiewano w drugiej połowie kwietnia, a marchwi, zgodnie z zaleceniami nasieniem, później – w pierwszej połowie maja.

#### 7.7.4.1. Wschody siewek kopru w polu

Doświadczenia polowe prowadzono w roku 2003. Założono 4 kombinacje nasion kopru (tab. 7.46). Wschody roślin na poletkach obsianych nasionami, niezależnie od zastosowanego biopreparatu, nie różniły się istotnie.

Tabela 7.46. Wschody siewek kopru w doświadczeniu polowym w stosunku do nasion kontrolnych

Kombinacja	Liczba siewek na 100 nasion	% siewek w stosunku do nasion kontrolnych
Kontrola bez otoczki	68,2	100,0 a
Kontrola + otoczka	50,7	74,3 b
<i>Trichoderma viride</i> + otoczka	52,2	76,5 b
Polyversum + otoczka	50,0	73,3 b

Jednakowymi literami w kolumnie oznaczono wartości nieróżniące się istotnie ( $\alpha = 0,05$ )

Należy zaznaczyć, że warunki pogodowe w okresie wschodów w 2003 r. były bardzo niekorzystne, głównie z powodu niskich temperatur w kwietniu. Podczas badań nasion kopru nie wykonano kombinacji z nasionami odkazanymi termicznie, tylko z surowymi.

#### 7.7.4.2. Wschody siewek pietruszki w polu

W 2003 r. zastosowano 6 kombinacji przygotowania nasion pietruszki Ołomuńskiej do siewu w polu (tab. 7.47).

Tabela 7.47. Wschody siewek pietruszki w doświadczeniu polowym w stosunku do nasion kontrolnych

Kombinacja	% siewek w stosunku do kontroli
Kontrola bez otoczki	100,0 a
Termoterapia	83,8 b
Termoterapia + otoczka	107,2 a
Chitosan otoczka	99,6 a
<i>Trichoderma viride</i> + otoczka	100,9 a
Polyversum + otoczka	102,6 a

Jednakowymi literami w kolumnie oznaczono wartości nieróżniące się istotnie ( $\alpha = 0,05$ )

Liczba roślin w kombinacjach, według których wysiano nasiona otoczko-  
wane, była na tym samym poziomie jak w kombinacji kontrolnej.

W czasie wegetacji rośliny były zdrowe, sporadycznie obserwowano wy-  
stępowanie septoriozy (*Septoria petroselini*) i mączniaka właściwego baldasz-  
kowatych (*Erysiphe umbelliferarum*).

#### 7.7.4.3. Wschody siewek marchwi w polu

W 2003 r. zastosowano 6 kombinacji przygotowania nasion marchwi od-  
miany Perfekcja do siewu w polu (tab. 7.48). W okresie wschodów stwierdzono,  
że były one nierównomierne. Różnice te występowały nawet po 5 tygodniach  
od wysiewu nasion.

Tabela 7.48. Wschody siewek marchwi w doświadczeniu polowym w stosunku do kontroli

Kombinacja (otoczka)	Liczba wzeszłych siewek		
	średnio ze 100 nasion	% w stosunku do kontroli	średnia masa świeżej siewki [g]
Kontrola (bez otoczkowania)	42,2	100,0	0,18 b
Płukane + otoczka	37,2	88,2	0,34 a
Myte + otoczka	42,7	101,4	0,40 a
Płukane, zaprawiane <i>Trichoderma viride</i> (bez otoczki)	35,2	83,4	0,39 a
Płukane, zaprawiane <i>Trichoderma viride</i> + otoczka	38,0	90,0	0,34 a
Płukane, zaprawiane <i>Trichoderma viride</i> + otoczka + zawiesina	42,8	101,4	0,33 a

Jednakowymi literami w kolumnie oznaczono wartości nieróżniące się istotnie ( $\alpha = 0,05$ )

W doświadczeniu wykonano dodatkowo badania wigoru kiełkujących na-  
sion marchwi przez określenie średniej masy siewki. Analiza wyników nie wy-  
kazała istotnych różnic w liczbie wschodzących siewek. Najniższa była średnia

masa siewki z kombinacji kontrolnej. Na siewkach nie obserwowano objawów chorobowych.

### 7.7.5. ZBIORY NASION EKOLOGICZNYCH

Doświadczenie zakładano w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach na poletkach o powierzchni 6 m<sup>2</sup>, razem 24 m<sup>2</sup> z każdego gatunku. Elitarny materiał siewny pietruszki i kopru wysiewano w drugiej połowie kwietnia, a marchwi, zgodnie z zaleceniami nasiennymi, później – w pierwszej połowie maja. W okresie wschodów z każdego poletka pobierano po 50 siewek i w laboratorium oceniano ich zdrowotność.

#### 7.7.5.1. Rośliny jednoroczne. Zbiór nasion kopru

Nasiona pozyskane z uprawy ekologicznej w pierwszym roku pochodziły tylko od roślin kopru ogrodowego odmiany Szmaragd. Plon nasion po zbiorze i wysuszeniu wynosił 20,2 kg. Po czyszczeniu uzyskano 15 kg nasion o zdolności kiełkowania 56% (tab. 7.49).

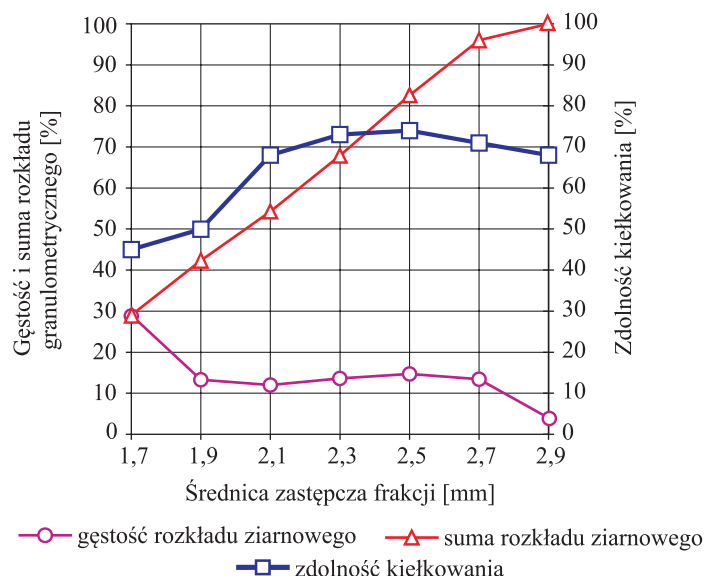
Tabela 7.49. Zbiór nasion kopru odmiany Szmaragd z plantacji ekologicznej

Parametr	Wartość
Wielkość zbioru, kg	20,2
Odpad w wyniku czyszczenia, kg	5,2
Wielkość uzyskanej partii, kg	15,0
Zdolność kiełkowania uzyskanych nasion, %	56,0

Nasiona kopru po oczyszczeniu w ilości 15 kg poddano kalibracji, w efekcie której uzyskano frakcje dobrze kiełkujące w zakresie od 68 do 74% dla nasion o wielkości powyżej 2,0 mm i masie 8,65 kg (tab. 7.50 i rys. 7.39). Pozostałe nasiona kopru, zawierające frakcje kiełkujące poniżej 60%, usunięto ze zbioru.

Tabela 7.50. Kalibracja nasion kopru z plantacji ekologicznej po ich oczyszczeniu

Lp.	Średnica kolejnych sit $a_i - a_{i+1}$ [mm]	Średnica zastępcza $d_z$ [mm]	Masa nasion na sicie [kg]	Zawartość frakcji x [% mas.]	Przesyp na kolejnych sitach Q [%]	Zdolność kiełkowania [%]
0	przed kalibracją		15,0			<b>56</b>
1	1,6-1,8	1,7	4,4	29,0	29,0	45
2	1,8-2,0	1,9	2,0	13,3	42,3	50
3	<b>2,0-2,2</b>	<b>2,1</b>	<b>1,8</b>	12,0	<b>54,3</b>	<b>68</b>
4	<b>2,2-2,4</b>	<b>2,3</b>	<b>2,0</b>	13,6	<b>67,9</b>	<b>73</b>
5	<b>2,4-2,6</b>	<b>2,5</b>	<b>2,2</b>	14,7	<b>82,6</b>	<b>74</b>
6	<b>2,6-2,8</b>	<b>2,7</b>	<b>2,0</b>	13,4	<b>96,0</b>	<b>71</b>
7	<b>2,8-3,0</b>	<b>2,9</b>	<b>0,6</b>	4,0	<b>100,0</b>	<b>68</b>
	Razem		<b>8,65</b>			



Rys. 7.39. Rozkład granulometryczny nasion kopru ogrodowego Szmaragd ze zbioru w pierwszym roku oraz zdolność kiełkowania frakcji sitowych

Badania wykazały, że tylko w 2,0% nasion występowały grzyby patogeniczne (*Fusarium avenaceum* i *Phoma* spp.) – tabela 7.51.

Tabela 7.51. Zasiedlenie nasion kopru przez grzyby (nasiona ze zbioru w pierwszym roku)

Grzyby	Procent zasiedlonych nasion	
	przed czyszczeniem	po czyszczeniu końcowym
<i>Alternaria alternata</i>	49,5	37,5
<i>Aureobasidium pullulans</i>	–	4,5
<i>Aspergillus niger</i>	–	1,0
<b><i>Fusarium avenaceum</i></b>	<b>2,5</b>	<b>1,0</b>
<i>Penicillium</i> spp.	52,3	28,5
<b><i>Phoma</i> sp.</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>

Małe zasiedlenie nasion kopru przez grzyby patogeniczne znajdowało potwierdzenie w dobrej zdrowotności siewek na plantacji.

Pozyskane dobrze kiełkujące frakcje nasion kopru zmieszano razem, uzyskując 8,65 kg nasion. Nasiona poddano procesowi płukania w wodzie, a po wysuszeniu otrzymano 8,4 kg nasion o normowej zdolności kiełkowania 72% (tab. 7.52).

Tabela 7.52. Nasiona kopru odmiany Szmaragd po kalibracji, oczyszczeniu, płukaniu w wodzie

Parametr	Wartość
Wielkość zbioru po kalibracji, kg	8,65
Masa nasion po obróbce dla wszystkich frakcji powyżej 2,2 mm, kg	8,4
Zdolność kiełkowania, %	72,0

### 7.7.5.2. Rośliny dwuletnie. Zbiory korzeni z wysiewu elitarnego materiału siewnego w pierwszym roku doświadczeń

#### Marchew

Podczas zbioru korzenie sortowano według przydatności do wysadzania, odrzucając korzenie zbyt duże lub zbyt małe, niekształtne i zbyt grube (czyli poza wyborem). Średni plon z czterech działek o powierzchni 6 m<sup>2</sup> każda przeliczano na powierzchnię jednego hektara. Wyniki przedstawiono w tabeli 7.53.

Tabela 7.53. Plon korzeni marchwi w zależności od sposobu przygotowania nasion

Kombinacja		Plon [dt·ha <sup>-1</sup> ]	Liczba korzeni [szt./6 m <sup>2</sup> ]	
			ogółem	w normie
I	Chitosan + otoczka	495,0	125,6	60,3
	Chitosan + otoczka	455,0	115,0	55,0
II	Chitosan + <i>Trichoderma viride</i> + otoczka	421,7	90,7	47,0
	Chitosan + <i>Trichoderma viride</i> + otoczka	411,7	87,3	44,3
III	<i>Trichoderma viride</i> + otoczka	396,3	96,3	54,3
	<i>Trichoderma viride</i> + otoczka	408,3	111,0	56,0
IV	Polyversum + otoczka	466,7	105,0	52,3
	Polyversum + otoczka	441,7	90,0	51,0
V	Termoterapia (bez otoczki)	530,0	125,0	60,3
	Termoterapia (bez otoczki)	525,0	120,0	66,3
VI	Kontrola	521,7	170,5	98,0
	Kontrola	541,7	166,7	99,7
	Kontrola	500,0	149,0	97,0

#### Pietruszka

Podczas zbioru korzenie sortowano według ich przydatności do wysadzania, odrzucając korzenie zbyt duże lub zbyt małe i niekształtne (czyli poza wyborem). Średni plon z 6 m<sup>2</sup> przeliczano na powierzchnię jednego hektara. Plony korzeni pietruszki z poszczególnych kombinacji nie różniły się istotnie (tab. 7.54).



Tabela 7.54. Plon korzeni pietruszki w zależności od sposobu przygotowania nasion

Kombinacja		Plon średni [dt·ha <sup>-1</sup> ]
I	Chitosan + otoczka	233,6
II	Chitosan + <i>Trichoderma viride</i> + otoczka	230,6
III	<i>Trichoderma viride</i> + otoczka	238,3
IV	Polyversum + otoczka	230,0
V	Termoterapia (bez otoczki)	229,3
VI	Kontrola	239,1
VII	Kontrola	227,8

### 7.7.6. ZBIORY NASION Z ROŚLIN DWULETNIICH

W 2004 roku badania prowadzono na tym samym terenie. Wsadzeń korzeni roślin dwuletних marchwi i pietruszki dokonano w czterech powtórzeniach na poletkach o powierzchni 6 m<sup>2</sup> i jesienią zebrano nasiona. W sezonie wegetacyjnym były niekorzystne warunki dla upraw nasiennych warzyw (tab. 7.45).

W roku 2004 ilość opadów w maju i sierpniu znacznie przewyższała średnią wieloletnią, natomiast kwiecień i wrzesień były miesiącami, w których ilość opadów w stosunku do średniej wieloletniej wynosiła odpowiednio 72 i 51,0%.

#### 7.7.6.1. Marchew

Łącznie zebrano nasiona marchwi w ilości 24 kg poddano czyszczeniu, uzyskując 16 kg nasion o zdolności kiełkowania na dolnej granicy normy – 65% (tab. 7.55).

Tabela 7.55. Plon nasion ekologicznych marchwi odmiany Perfekcja w drugim roku uprawy

Parametr	Plon z 24 m <sup>2</sup>
Wielkość zbioru, kg	24,0
Ilość nasion po czyszczeniu, kg	16,0
Zdolność kiełkowania, %	65,0

Wykonano badania mikologiczne zebranych nasion i dodatkowo test bibułowy na zakażenie przez *Alternaria radicina* i *A. dauci* (wg Polskiej Normy). Wyniki zestawiono w tabeli 7.56.

Oczyszczone nasiona marchwi w ilości 16 kg poddano zabiegowi termoterapii w gorącej wodzie w temperaturze 50°C w czasie 20 minut i uzyskano po wysuszeniu 14,5 kg nasion o zdolności kiełkowania 70% (tab. 7.57).

Skuteczność zabiegu termoterapii nasion marchwi w wodzie o temperaturze 50°C w czasie 20 minut oceniono przez porównanie z nasionami nieobrabianymi (tab. 7.58).

Tabela 7.56. Zasiedlenie nasion marchwi przez grzyby (nasiona ze zbioru w drugim roku)

Grzyby	Nasiona po zbiorze		Nasiona po czyszczeniu	
	PDA	test bibułowy	PDA	test bibułowy
<i>Alternaria alternata</i>	82,5	99,5	56,5	91,0
<b><i>Alternaria dauci</i></b>	–	<b>18,0</b>	–	<b>8,5</b>
<b><i>Alternaria radicina</i></b>	–	<b>7,0</b>	<b>2,5</b>	<b>4,5</b>
<i>Aureobasidium pullulans</i>	1,5	–	–	–
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	–	<b>4,0</b>	–	–
<i>Cladosporium</i> spp.	–	5,5	–	–
<i>Epicoccum nigrum</i>	2,0	1,5	–	2,5
<b><i>Fusarium avenaceum</i></b>	<b>7,0</b>	–	–	–
<i>Gonotobotrys simplex</i>	–	9,0	–	–
<i>Macrosporium</i> sp.	–	–	–	2,0
<i>Mucor</i> sp.	–	–	0,5	–
<i>Penicillium</i> sp.	–	–	1,0	–
<b><i>Phoma</i> sp.</b>	–	–	<b>5,5</b>	–
<i>Pulhuria</i> sp.	–	–	0,5	–
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	–	–	0,5	–
<i>Sporotrichum</i> sp.	–	–	1,5	–
<b><i>Verticillium</i> sp.</b>	–	<b>0,5</b>	–	<b>0,5</b>
Kolonie niezarodnikujące	1,5	–	0,5	–

Tabela 7.57. Kielkowanie nasion marchwi po odkażeniu termicznym

Zabieg	Liczba dni kielkowania		
	5	7	14
	Kielkowanie nasion [%]		
Kontrola	38	60	65
Termoterapia	60	68	72

Tabela 7.58. Zasiedlenie grzybami nasion marchwi po termoterapii

Grzyby	Procent zakażonych nasion	
	kontrola	po termoterapii
<i>Acremoniella fusca</i>	2,5	–
<i>Alternaria alternata</i>	90,0	48,5
<b><i>Alternaria dauci</i></b>	<b>2,0</b>	–
<b><i>Alternaria radicina</i></b>	<b>5,5</b>	<b>2,0</b>
<b><i>Fusarium avenaceum</i></b>	<b>2,5</b>	–
<b><i>Phoma</i> sp.</b>	<b>6,5</b>	<b>6,0</b>
<i>Trichoderma viride</i>	7,0	–
Kolonie niezarodnikujące	–	5,0

Skuteczność przeprowadzonej termoterapii okazała się w pełni zadowalająca. Z patogenicznych grzybów zmniejszyło się do zera zasiedlenie nasion przez *Alternaria dauci* i *Fusarium avenaceum*. Należy jednak podkreślić, że zabieg ten zniszczył również antagonistyczny w stosunku do patogenów grzyb *Trichoderma viride*.

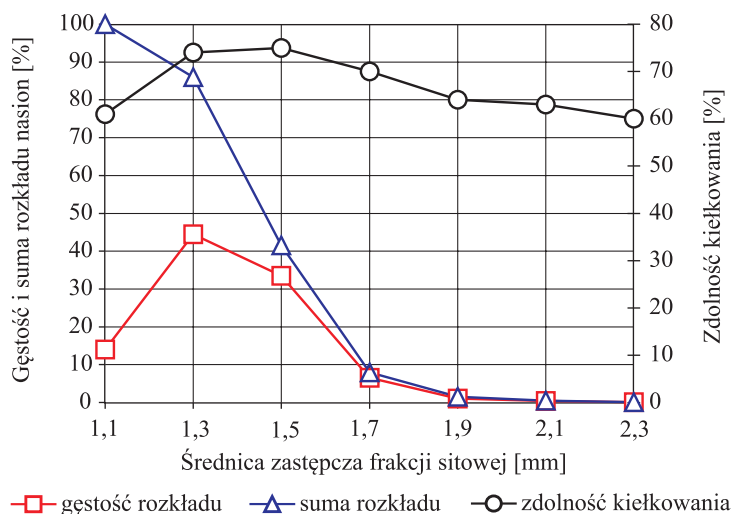
Można założyć, że usunięcie w trakcie czyszczenia nasion drobnych i uszkodzonych zmniejszyło zakażenie nasion grzybami patogenicznymi. Płukanie nasion zmniejszyło natomiast występowanie na powierzchni nasion grzybów rodzaju *Fusarium* oraz *A. radicina*.

14,5 kg nasion marchwi po operacji odkażania termicznego wysuszono w suszarce przepływowej powietrzem o temperaturze 35°C, uzyskując 70% zdolności kiełkowania nasion. Nasiona poddano kalibracji, odrzucając frakcje o zdolności kiełkowania poniżej 65%. Uzyskano 12,25 kg materiału siewnego nasion ekologicznych marchwi odmiany Perfekcja o wysokiej zdolności kiełkowania, wynoszącej 74% dla frakcji 1,2-1,4 mm i 75% dla frakcji 1,4-1,6 mm. Wyniki kalibracji zestawiono w tabeli 7.59.

Tabela 7.59. Wyniki kalibracji nasion marchwi z plantacji ekologicznej

Lp.	Średnica oczka sita a [mm]	Średnica zastępcza d [mm]	Masa nasion na sicie [kg]	Gęstość rozkładu [% mas.]	Suma rozkładu [%]	Zdolność kiełkowania [%]
0	kontrola przed kalibracją					
1	2,2-2,4	2,3	0,010	0,1	0,1	60
2	2,0-2,2	2,1	0,060	0,4	0,5	63
3	1,8-2,0	1,9	0,145	1,0	1,5	64
4	<b>1,6-1,8</b>	<b>1,7</b>	<b>0,943</b>	<b>6,5</b>	<b>8,0</b>	<b>70</b>
5	<b>1,4-1,6</b>	<b>1,5</b>	<b>4,858</b>	<b>33,5</b>	<b>41,5</b>	<b>75</b>
6	<b>1,2-1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>6,453</b>	<b>44,5</b>	<b>86,0</b>	<b>74</b>
7	1,0-1,2	1,1	2,030	14,0	100,0	61
Razem			14,50	100,0		

Rozkład ziarnowy partii nasion marchwi odmiany Perfekcja i zdolność kiełkowania poszczególnych ich frakcji przedstawiono na rysunku 7.40.



Rys. 7.40. Gęstość i suma rozkładu oraz zdolność kiełkowania poszczególnych frakcji nasion ekologicznych marchwi po obróbce pozbiorowej nasion

#### 7.7.6.2. Pietruszka

Zebrane nasiona pietruszki w ilości 10 kg poddano czyszczeniu, uzyskując 8,3 kg nasion o zdolności kiełkowania 65% (tab. 7.60).

Tabela 7.60. Zbiór nasion ekologicznych pietruszki odmiany Ołomuńska w drugim roku uprawy

Parametr	Plon z 26 m <sup>2</sup>
Wielkość zbioru, kg	10,0
Ilość nasion po operacjach czyszczenia, kg	8,3
Zdolność kiełkowania, %	65,0

Próbkę nasion pietruszki (po zbiorze i czyszczeniu) poddano przez godzinę płukaniu w wodzie. Wyniki analizy mikologicznej nasion pietruszki ze zbiorów w drugim roku uprawy przedstawiono w tabeli 7.61.

Płukanie nasion po czyszczeniu jest korzystnym zabiegiem pod względem fitopatologicznym, albowiem w znacznym stopniu eliminuje patogeny (*Fusarium* spp., *Phoma* spp.) zasiedlające nasiona pietruszki.

8,3 kg nasion pietruszki po czyszczeniu końcowym poddano zabiegowi termoterapii przez 20 minut w wodzie o temperaturze 50°C. Uzyskano 8,0 kg nasion o zdolności kiełkowania 70%. Termoterapia znacznie poprawiała energię i zdolność kiełkowania nasion oraz skutecznie eliminowała grzyby zasiedlające nasiona. Wyniki przedstawiono w tabelach 7.62 i 7.63.

Tabela 7.61. Zasiedlenie nasion pietruszki przez grzyby (nasiona ze zbioru w drugim roku)

Grzyby	Zasiedlenie nasion grzybami		
	przed czyszczeniem	po czyszczeniu końcowym	po czyszczeniu i płukaniu
<i>Alternaria alternata</i>	73,0	94,0	92,0
<i>Aureobasidium pullulans</i>	15,5	11,5	11,0
<i>Botrytis cinerea</i>	–	1,0	–
<i>Cladosporium herbarum</i>	6,0	–	–
<i>Epicoccum nigrum</i>	12,5	8,5	6,5
<b><i>Fusarium avenaceum</i></b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>	<b>1,5</b>
<b><i>Fusarium equiseti</i></b>	<b>11,5</b>	<b>9,0</b>	<b>2,5</b>
<i>Mucor</i> sp.	–	–	0,5
<i>Penicillium</i> spp.	–	1,5	–
<b><i>Phoma</i> spp.</b>	<b>3,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,5</b>
<i>Rhizopus nigricans</i>	–	0,5	–
<i>Trichoderma viride</i>	3,0	–	–

Tabela 7.62. Kielkowanie nasion pietruszki po odkażeniu termicznym

Zabieg	Liczba dni kielkowania		
	10	15	21
	Kielkowanie nasion [%]		
Kontrola	40	58	65
Termoterapia	63	70	71

Tabela 7.63. Zasiedlenie grzybami nasion pietruszki po termoterapii

Grzyby	Procent porażonych nasion	
	kontrola	po termoterapii
<i>Alternaria alternata</i>	33,0	–
<i>Chaetomium</i> sp.	–	0,5
<i>Epicoccum nigrum</i>	1,5	–
<i>Hormodendrum</i> sp.	2,0	–
<i>Macrosporium</i> sp.	2,5	–
Kolonie niezarodnikujące	7,0	–

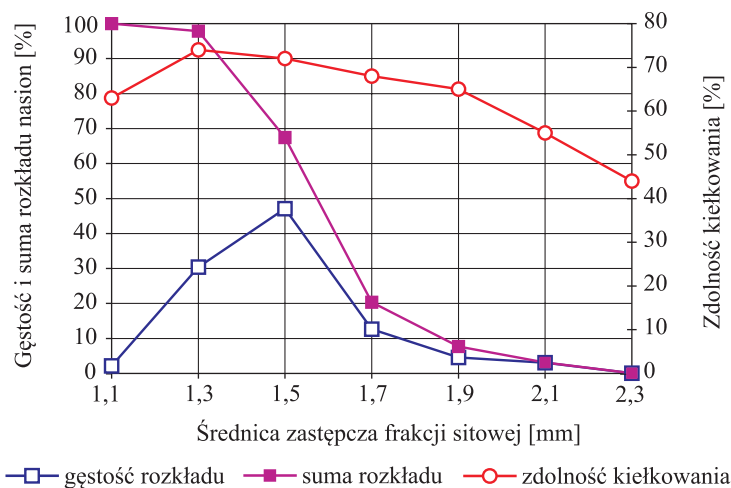
Wysuszone powietrzem o temperaturze 35°C w suszarce przepływowej nasiona po termoterapii w ilości 8,0 kg, o zdolności kielkowania 70%, poddano operacji kalibracji, odrzucając frakcje o zdolności kielkowania poniżej 65%.

Uzyskano 7,58 kg materiału siewnego nasion ekologicznych pietruszki o wysokiej zdolności kielkowania. Zdolność kielkowania frakcji 1,2-1,4 mm wynosiła do 74%. Wyniki kalibracji zestawiono w tabeli 7.64.

Tabela 7.64. Wyniki kalibracji nasion pietruszki z plantacji ekologicznej

Lp.	Średnica oczka sita a [mm]	Średnica zastępcza d [mm]	Masa nasion na sicie [kg]	Gęstość rozkładu [% mas.]	Suma rozkładu [%]	Zdolność kiełkowania [%]
0	kontrola przed kalibracją					
1	2,2-2,4	2,3	0,006	0,1	0,1	44
2	2,0-2,2	2,1	0,243	3,0	3,1	55
3	<b>1,8-2,0</b>	<b>1,9</b>	0,365	4,6	7,7	<b>65</b>
4	<b>1,6-1,8</b>	<b>1,7</b>	1,013	12,7	20,3	<b>68</b>
5	<b>1,4-1,6</b>	<b>1,5</b>	3,769	47,1	67,5	<b>72</b>
6	<b>1,2-1,4</b>	<b>1,3</b>	2,432	30,4	97,9	<b>74</b>
7	1,0-1,2	1,1	0,172	2,1	100,0	63
Razem			8,00	100,0		

Rozkład ziarnowy partii nasion i zdolność kiełkowania poszczególnych frakcji przedstawiono na rysunku 7.41.



Rys. 7.41. Gęstość i suma rozkładu oraz zdolność kiełkowania poszczególnych frakcji nasion ekologicznych pietruszki po obróbce pozbiorowej nasion

### 7.7.7. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ POZBIOROWEJ OBRÓBKI NASION

Najważniejszą operacją po zbiorze nasion jest ich szybkie wysuszenie dla zatrzymania namnażania się patogenów. Następnie poddaje się je czyszczeniu metodami stosowanymi w nasiennictwie konwencjonalnym. Dopiero tak przygotowane nasiona można przechowywać przed dalszą obróbką.

Obróbka nasion ekologicznych, zarówno przed siewem, jak i po zbiorach nasion z plantacji ekologicznej, polegała na: kalibracji, płukaniu i ługowaniu, termoterapii w gorącej wodzie, suszeniu, inokulacji i otoczkowaniu. Otoczkowanie pozwala na zabezpieczenie nasion przed atakiem patogenów zawartych w glebie oraz na inokulację nasion mikroorganizmami pożytecznymi.

W tabelach od 7.65 do 7.67 przedstawiono bilans pozbiorowej obróbki nasion roślin baldaszkowatych pozyskanych z plantacji ekologicznej, mającej na celu osiągnięcia parametrów wyższych od minimalnych wymogów normy nasiennej. Dla handlowych nasion ekologicznych założono wymaganą zdolność kiełkowania powyżej 70%.

Tabela 7.65. Bilans obróbki nasion kopru od zbioru aż do uzyskania jakości handlowej (minimalna wymagana zdolność kiełkowania 55%)

Lp.	Obróbka	Uzysk [kg]	Odpad [kg]	Zdolność kiełkowania [%]
1	Zbiór	20,20		
2	Czyszczenie	15,00	5,20	56
3	Kalibracja	8,65	6,35	61
4	Płukanie	<b>6,80</b>	1,85	71
Uzysk nasion – 33,7%			13,40	

Tabela 7.66. Bilans obróbki nasion marchwi od zbioru aż do uzyskania jakości handlowej (minimalna wymagana zdolność kiełkowania 65%)

Lp.	Obróbka	Uzysk [kg]	Odpad [kg]	Zdolność kiełkowania [%]
1	Zbiór	24,00		
2	Czyszczenie	16,00	8,00	65
3	Termoterapia	14,50	1,50	70
	frakcja [mm]	14,50	2,25	
	1,7	0,94		70
	1,5	4,86		75
	1,3	6,45		74
4	Kalibracja	<b>12,25</b>	11,75	
Uzysk nasion – 51,1%				

Tabela 7.67. Bilans obróbki nasion pietruszki od zbioru aż do uzyskania jakości handlowej (minimalna wymagana zdolność kiełkowania 65%)

Lp.	Obróbka	Uzysk [kg]	Odpad [kg]	Zdolność kiełkowania [%]
1	Zbiór	10,00		
2	Czyszczenie	8,30	1,70	65
3	Termoterapia	8,00	0,30	70
	frakcja [mm]	8,00		
	1,9	0,365		65
	1,7	1,013		68
	1,5	3,770		72
	1,3	2,432	0,42	74
4	Kalibracja	<b>7,58</b>	2,42	
	Uzysk nasion – 75,8%			

Uzyskano następującą wydajność nasion siewnych (w stosunku do zebranej masy nasiennej) spełniających wymagania jakościowe dla materiału siewnego: koper 33,7%, marchew 51,1%, pietruszka 75,8%.

Poniżej omówiono wpływ poszczególnych operacji i procesów przerobu nasion na jakość nasion ekologicznych.

1. **Kalibracja** umożliwia precyzyjny (z dokładnością do 0,2 mm) rozdział partii nasion na frakcje, które różnią się jakością. Ponieważ frakcje cechuje niejednakowa zdolność kiełkowania, pozwala to na wybranie nasion o wysokiej jakości i odrzucenie nasion poza normę jakościową. Jednocześnie frakcje o wąskim zakresie średnic ułatwiają dalsze przetwarzanie, np. inokulację czy otoczkowanie. Podczas kalibracji następuje dalsze doczyszczenie nasion.
2. **Płukanie** pozwala na odmycie zarodników grzybów i tym samym poprawienie zdrowotności nasion. Zaletą płukania jest usunięcie pyłów i związków rozpuszczalnych w wodzie, które mogą spowodować osmotyczne opóźnienie kiełkowania nasion. W przypadku nasion pietruszki, w związku z obecnością inhibitorów kiełkowania wewnątrz nasion, niezbędne jest zastosowanie przedłużonego płukania w ciepłej wodzie, czyli **ługowania**.
3. Jednocześnie z płukaniem odbywa się proces **rozdziału hydrostatycznego** nasion na tonące i pływające. W większości przypadków nasiona pływające mają niską zdolność kiełkowania i stanowią bezużyteczny odpad. Resztki okwiatu, łodyg i innych lekkich zanieczyszczeń, razem z nasionami pływającymi, są usuwane z partii nasion, co powoduje wzrost ich czystości.
4. **Termoterapia** umożliwia częściowe, a w niektórych przypadkach całkowite usunięcie mikroorganizmów z nasion. Jest to fizyczna operacja odkażająca, wymagająca precyzyjnego wykonania, po której chłodzi się nasiona w zimnej wodzie. Podczas tego zabiegu następuje równoległe płukanie i rozdział hydrostatyczny nasion. Termoterapia wymaga wykonania wcześniejszych badań w laboratorium, gdyż nie wszystkie partie nasion mogą być obrabiane



tą metodą. Należy podkreślić, że podczas termoterapii niszczone są także grzyby pożyteczne.

5. **Inokulacja** pozwala na dodanie do nasion, w tym odkażonych termicznie, zarodników grzybów pożytecznych. Proces nie powoduje pogorszenia jakości obrabianych nasion, powinien natomiast pozytywnie wpływać na wzrost kielka i roślin. Uzależniono wielkości dawki zarodników nie od masy nasion, ale od ich liczności. Liczność nasion, czyli ilość nasion w jednym gramie, jest odwrotnością masy 1000 nasion. Im nasiona są drobniejsze, tym liczba nasion w jednostce masy jest większa. W celu osiągnięcia założonego stopnia pokrycia nasion zarodnikami ilość dodawanego preparatu zwiększa się wraz ze wzrostem liczności. Stwierdzono nierównomierność nanoszenia zarodników na nasiona, więc dla pewności pokrycia nasion zarodnikami proponuje się kilkunastokrotne zwiększenie ilości dodawanych zarodników, zwłaszcza że współczynnik przeżycia zarodników w procesie otoczkowania i suszenia w najgorszym przypadku dla nasion kopru wynosił 30%. **Chitosan** jest biostymulatorem i wpływa na zwiększenie odporności roślin podczas wzrostu na plantacji nasiennej.
6. **Otoczkowanie** pozwala na poprawę właściwości balistycznych nasion wysiewanych siewnikami mechanicznymi. Drugą zaletą jest możliwość zamocowania wewnątrz otoczki środków ochronnych i sprzyjających kiełkowaniu nasion w glebie. Wymagane jest dobranie odpowiednich materiałów do wykonania otoczki: pyłów i środków wiążących, spełniających wymagania ekologiczne i funkcjonalne. W przedstawionych badaniach zastosowano torf, glinę kaolinową i zmielony dolomit, a jako substancję wiążącą – wodny roztwór dekstryny. Opóźnienie kiełkowania jest spowodowane koniecznością przebicia się kielka przez otoczkę. Otoczkowanie jest operacją pozwalającą na mechaniczną ochronę nasion przed atakiem patogenów od strony gleby i umożliwiającą wytworzenie optymalnych warunków do kiełkowania nasion wewnątrz otoki.

Należy podkreślić, że badanie zdolności kiełkowania nasion nieotoczkowanych wykonuje się zgodnie z normą PN/R-65950. W badaniach kiełkowania nasion otoczkowanych ważne jest zapewnienie odpowiednich warunków, to jest właściwego stopnia nasycenia wodą podkładu do kiełkowania oraz równomiernego i odpowiedniego nawilżenia nasion otoczkowanych.

Otoczkowanie nie jest operacją prostą do wykonania i powinno być realizowane w specjalistycznym zakładzie nasiennym wraz z innymi, omówionymi wcześniej, operacjami i procesami, które mają na celu otrzymanie nasion ekologicznych odpowiedniej jakości.

Analizując wyniki badań można stwierdzić, że zastosowane metody obróbki nasion z plantacji ekologicznych przyniosły zadowalające efekty. Mimo to trzeba prowadzić dalsze poszukiwania metod ochrony i uprawy nasion ekologicznych. Przedstawiona praca może być punktem wyjściowym do dalszych badań nad wykorzystaniem innych metod, pozwalających na polepszenie jakości nasion ekologicznych. Sprawdzenia wymaga wieloletnia hodowla nasion w tych sa-

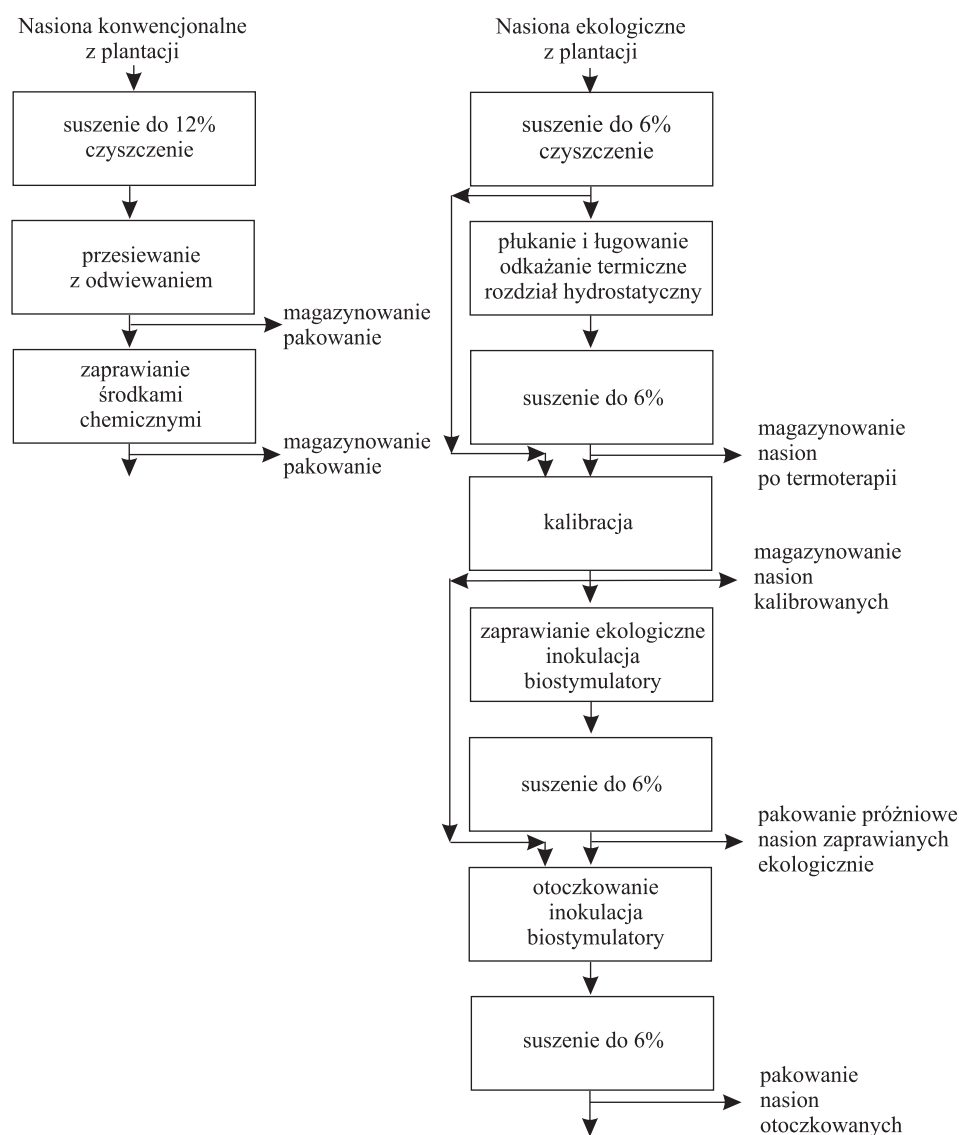
mych gospodarstwach ekologicznych z uwagi na możliwość namnożenia się patogenów danego gatunku nasion.

Postuluje się założenie państwowej stacji hodowlanej prowadzącej badania nad odpornością nasion dla rolnictwa ekologicznego. Stacja ta powinna prowadzić również hodowlę zachowawczą starych odmian i poszukiwania nowych odmian odpornych na choroby, patogeny i szkodniki.

W wyniku przeprowadzonej obróbki pozbiorowej nasion z plantacji ekologicznej uzyskano ekologiczny materiał siewny o wysokich parametrach jakościowych.

## 8. LINIA TECHNOLOGICZNA EKOLOGICZNEJ OBRÓBKI NASION

Wyniki przedstawionych prac pozwoliły na opracowanie oryginalnej ekologicznej technologii nasiennej przygotowania do siewu nasion tradycyjnych i ekologicznych oraz porównanie jej z dotychczasową technologią pozyskiwania nasion tradycyjnych (rys. 8.1).



Rys. 8.1. Porównanie konwencjonalnej i ekologicznej technologii obróbki nasion roślin baldaszkwatych

Opracowana technologia dotyczyła przerobu nasion roślin baldaszkowatych wyprodukowanych w systemie ekologicznym.

Obróbkę nasion ekologicznych należałoby rozdzielić na dwa etapy:

- zbiór nasion z plantacji ekologicznej oraz ich obróbkę: omłot, czyszczenie, suszenie i zapakowanie nasion. Te operacje powinny być wykonywane w ekologicznym gospodarstwie nasiennym,
- obróbkę przedsiewną polegającą na przygotowaniu nasion do siewu i obejmującą: płukanie, ługowanie, termoterapię, suszenie, kalibrację, zaprawianie, inokulację preparatami biologicznymi, otoczkowanie, suszenie i pakowanie. Wymienione operacje powinny być realizowane w zakładach nasiennych posiadających odpowiednie wyposażenie techniczne do ich przeprowadzenia.

O zakresie obróbki przedsiewnej nasion ekologicznych przed skierowaniem materiału siewnego do sprzedaży powinny decydować przede wszystkim wyniki analiz oraz wymagania odbiorców. Obecnie funkcjonujące w nasiennictwie laboratoria nie są dostosowane do wykonywania precyzyjnej kalibracji na sitach co 0,2 mm, oceny mikrobiologicznej nasion po zbiorze oraz analiz po takich operacjach fizycznych, jak płukanie, termoterapia itp.

Wybrane do zastosowania w skali przemysłowej operacje powinny być sprawdzone w skali laboratoryjnej w celu dobrania parametrów optymalnych dla danej partii nasion.

### **Przetwarzanie nasion według technologii konwencjonalnej**

Nasiona są poddawane suszeniu na plantacji do wilgotności ok. 12% mas. i czyszczone w zakładach nasiennych na przesiewaczach z przepływem powietrza. Najczęściej są to czyszczalnie typu Petkus. Nasiona po wykonaniu analiz są kierowane do magazynu. Przed siewem nasiona konwencjonalne są zaprawiane chemicznymi środkami ochrony roślin w postaci zapraw nasiennych.

### **Przetwarzanie nasion ekologicznych według nowej technologii**

Nasiona pozyskane na plantacji ekologicznej bezpośrednio po zbiorze powinny być poddawane suszeniu w suszarniach do wilgotności ok. 6% mas., a następnie czyszczone w zakładach nasiennych na przesiewaczach z przepływem powietrza. Potem są płukane lub ługowane albo poddawane termoterapii w gorącej wodzie. Jednocześnie usuwa się z partii nasion frakcje o gęstości mniejszej od wody. Po operacjach mokrych nasiona są niezwłocznie suszone strumieniem ciepłego powietrza i po wykonaniu analiz kierowane do magazynu.

Nasiona, które nie wytrzymują obróbki w gorącej wodzie i nasiona po operacjach mokrych, niespełniające wymagań jakościowych, poddaje się kalibracji w celu podniesienia ich jakości i po hermetycznym zapakowaniu mogą być kierowane do handlu.

Przed wysiewem nasiona można zaprawiać zaprawami ekologicznymi lub inokulować mikroorganizmami pożytecznymi, dopuszczonymi do stosowania

w rolnictwie ekologicznym. Suszenie w tym przypadku powinno odbywać się w temperaturze obniżonej do 30°C. W ten sposób uzyskuje się zaprawiane handlowe nasiona ekologiczne. Trwałość tak przetworzonych nasion jest determinowana przeżywalnością mikroorganizmów pożytecznych i wynosi ok. 6 miesięcy.

Najlepszą z możliwych ochronę przed atakiem patogenów glebowych uzyskują nasiona po otoczkowaniu.

Opracowane operacje, procesy i aparaty stanowią nowość nie tylko w polskim przemyśle nasiennym roślin warzywniczych. Opracowana technologia pozwala na uzyskanie materiału siewnego o najwyższej jakości.

Na podstawie wykonanych badań, w oparciu o opracowaną technologię i zakupioną aparaturę, uruchomiono produkcję nasion ekologicznych w Przedsiębiorstwie Nasiennictwa Ogrodniczego i Szkółkarstwa w Ożarowie Mazowieckim.

## 9. PODSUMOWANIE PRACY

Wymóg stosowania do siewu nasion z ekologicznych plantacji nasiennych stwarza potrzebę uruchomienia ekologicznych gospodarstw nasiennych i podjęcia prac nad pozyskiwaniem nasion ekologicznych odpornych na choroby. Prace hodowlane nad opracowaniem nowych odmian roślin powinny być realizowane w państwowych stacjach hodowli nasion. Problemy występują już podczas przygotowania materiału elitarnego do wysiewu niechronionych chemicznie nasion. Tymczasowym rozwiązaniem są ekologiczne środki ochrony nasion, których liczba w chwili obecnej jest niewielka, a także biologiczne metody ochrony nasion i roślin. Obecnie preparaty biologiczne są intensywnie badane i wprowadzane do praktyki w gospodarstwach produkcyjnych.

W pracy przedstawiono problemy przygotowania do siewu nasion ekologicznych na przykładzie nasion roślin baldaszkowatych. Pokazano nowe możliwości obróbki nasion przed siewem metodą kalibracji, mycia i ługowania, odkażania nasion w gorącej wodzie, otoczkowania i suszenia na wszystkich etapach obróbki.

Problemem najważniejszym jest ochrona roślin nasiennych na plantacji ekologicznej i pozyskiwanie nasion o wysokich parametrach jakościowych. Podstawową operacją po zbiorze nasion jest ich niezwłoczne suszenie do wilgotności gwarantującej powstrzymanie rozwoju grzybów i bakterii, to jest poniżej 10% masowych.

Dalsza obróbka pozyskanych nasion po klasycznym oczyszczeniu na sitach z przepływem powietrza wymaga, w zależności od jakości nasion: kalibracji, mycia lub ługowania, obróbki termicznej i ewentualnego otoczkowania, stosownie do zapotrzebowania ekologicznych gospodarstw towarowych. Otoczkowanie, umożliwiające zastosowanie nowych preparatów ekologicznych i biologicznych, można polecić jako skuteczną metodę ochrony roślin na ekologicznych plantacjach nasiennych.

Szybkie suszenie nasion po każdej operacji zapewnia otrzymanie materiału siewnego o wysokich parametrach jakościowych.

Opracowano i zbudowano szereg maszyn i urządzeń niezbędnych do obróbki nasion według przedstawionej technologii. Na uwagę zasługuje ich prosta konstrukcja, łatwa eksploatacja i niskie koszty obróbki nasion.

Zastosowana technologia pozwala na uzyskanie materiału siewnego nie gorszego jakościowo niż z plantacji nasiennych konwencjonalnych.

## 10. WNIOSKI

Na podstawie szerokiego zakresu wykonanych badań technologii pozbiorowej obróbki nasion ekologicznych na przykładzie wybranych roślin baldaszkowatych można sformułować następujące wnioski:

1. W pracy wykazano słuszność hipotezy, że możliwym jest pozyskanie materiału siewnego wysokiej jakości z ekologicznych plantacji nasiennych.
2. Potwierdzono słuszność hipotezy, że możliwa jest pozbiorowa obróbka nasion z niechronionych plantacji przy wykorzystaniu następujących operacji: kalibracji, termoterapii, ługowania, rozdziału hydrostatycznego, inokulacji, otoczkowania oraz intensywnego suszenia. Poprawiają one jakość i czystość mikrobiologiczną nasion ekologicznych i spełniają wymogi nasiennictwa ekologicznego. Uzyskano materiał siewny spełniający obowiązujące wymagania.
3. Potwierdzono słuszność przyjętych założeń do budowy modeli aparatury badawczej do przerobu nasion ekologicznych. Zbudowana aparatura modelowa umożliwia dokładne określenie parametrów obróbki nasion ekologicznych roślin baldaszkowatych w różnych wariantach.
4. Zebrane doświadczenia pozwoliły na rozszerzenie opracowanych technologii także do obróbki nasion innych warzyw. Specyfika innych gatunków roślin i ich odmian wymaga zawsze wykonania badań laboratoryjnych poprzedzających wprowadzenie nowej technologii i powiększania skali urządzeń do jej realizacji.
5. Wykonana na podstawie przebadanych operacji i modeli aparatura przemysłowa, pracująca w dwóch zakładach przemysłu nasiennego, umożliwiła otrzymywanie nasion ekologicznych spełniających oczekiwania ekologicznych gospodarstw produkcyjnych

## LITERATURA

- [1] Adamczewski K., Dobrzański A., 2008. Znaczenie i możliwości wykorzystania metod agrotechnicznych i niechemicznych do regulowania zachwaszczenia w ekologicznej uprawie roślin. [W:] Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych, E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PB Poznań, 221-240.
- [2] Ahlers D., 2002. Alternatives to chemical seed dressing. Research & Innovation Agrifuture Winter 2.
- [3] Aksenova L.A., Bocharova M.A., Dunaeva M.V., Zak E.A., Klyachko N.L., 1993. Effect of seed treatment by surfactants on germination of wheat (*Triticale aestivum* L.) under water deficit. Seed Sci. & Technol. 21, 483-485.
- [4] Atkins P.W., 1999. Podstawy chemii fizycznej. PWN Warszawa.
- [5] Baker K.F., 1962a. Thermo-therapy of planting material. Phytopathology 52, 1244-1255.
- [6] Baker K.F., 1962b. Principles of heat treatment of soil and planting material. J. Aust. Inst. Agr. Sci. 28, 118-126.
- [7] Baker K.F., 1969. Aerated-steam treatment of seed for disease control. Hort. Res. 9, 59-73.
- [8] Baker K.F., 1972. Seed pathology. [In:] Seed Biology, Vol. 2, T.T. Kozłowski (ed.), Academic Press, New York, 317-416.
- [9] Barton L.V., 1961. Seed preservation and longevity. Leonard Hill London.
- [10] Belotti J., 1973. Wskazania metodyczne oceny nasion otoczonych. Biblioteka IHAR, 5-6.
- [11] Bennett M., 1998. The use of biologicals to enhance vegetable seed quality. seed technol. 20(2), 198-208.
- [12] Brown G.G., 1960. Operacje jednostkowe. PWN Warszawa.
- [13] Burbianka M., Pliszka A., Burzyńska H., 1983. Mikrobiologia żywności. PZWL Warszawa.
- [14] Byszewski, 1975. Ważniejsze właściwości roślin wiążące się z pracą maszyn rolniczych. PWN Warszawa.
- [15] Capes C.E., Danckwerts G.C., 1965a. Granule formation by the agglomeration of damp powders. Part 1. The mechanism of granule growth. Trans. Inst. Chem. Engrs. 43, 116-124.
- [16] Capes C.E., Danckwerts G.C., 1965b. Granule formation by the agglomeration of damp powders. Part 2. The distribution of granule sizes. Trans. Inst. Chem. Engrs. 43, 125-132.
- [17] Chojnacki J., 2008. Równomierność osadzania owadobójczych nicieni pod rozpylaczem szczelinowym. Inż. Rol. 10(108), 25-29.
- [18] Ciborowski J., 1973. Inżynieria chemiczna. Inżynieria procesowa. WNT Warszawa.
- [19] Come D., Corbineau F., 2003. Storage of seeds: basic and applied aspects. Mat. konf. New developments in seed quality improvement, Łódź.



- [20] Dąbrowski Z., 2007. Agrotechniczne, hodowlane, mechaniczne i biologiczne metody ochrony roślin przed szkodnikami. [W:] Integrowana produkcja roślinna, J. Podleśny (red.), PIORiN i IUNG-PIB Puławy, 21-31.
- [21] Dąbrowski Z., Woźniak K., Słowiński A., 2008. Możliwości wykorzystania preparatów wirusowych i feromonów w ochronie sadów jabłoniowych w Polsce. [W:] Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych, E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PB Poznań, 370-375.
- [22] Domoradzka O., Korpala W., Weiner W., Sadowski Cz., 2004. Otoczkowanie nasion z zarodnikami *Trichoderma viride*. [W:] Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodniczych, B. Michalik i W. Weiner (red.), AR Kraków, 248-251.
- [23] Domoradzki M., 1978. Kinetyka granulacji pyłów w granulatorze talerzowym. Praca doktorska, Politechnika Łódzka.
- [24] Domoradzki M., 1999. Determination of germination capability of coated seeds. *Int. Agrophys.* 13, 431-433.
- [25] Domoradzki M., 2005. Aparaty i technologie wspomagające produkcję materiału siewnego. [W:] Zmienność genetyczna i jej wykorzystanie w hodowli roślin ogrodniczych, B. Michalik i E. Żurawicz (red.), ISiK Skiernewice i PTNO, 201-207.
- [26] Domoradzki M., Błasiński H., 1981. Kinetyka granulacji pyłów w granulatorze talerzowym. *Inż. Chem. Proc.* 2, 461-476.
- [27] Domoradzki M., Dzieńciecki P., 2008. Odporność termiczna wybranych nasion warzyw. [W:] Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych, E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PIB Poznań, 291-306.
- [28] Domoradzki M., Holcman J., 2004. Zastosowanie i charakterystyka nasion otoczkowanych. [W:] Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodniczych, B. Michalik i W. Weiner (red.), AR Kraków, 176-180.
- [29] Domoradzki M., Holcman J., Korpala W., 2000. Technologia otoczkowania i powlekania nasion. Warsztaty Nasienne. Katedra Genetyki, Hodowli i Nasiennictwa AR Kraków, 111-117.
- [30] Domoradzki M., Korpala W., 2001a. Badania nad podniesieniem jakości nasion otoczkowanych. VI Ogólnopolskie Sympozjum „Granulacja 2001”. Stan techniki oraz nowe zastosowania procesów i aparatury do granulacji. Puławy – Kazimierz Dolny, 1/14-14/14.
- [31] Domoradzki M., Korpala W., 2001b. Technologia otoczkowania i powlekania nasion pietruszki. VI Ogólnopolskie Sympozjum „Granulacja 2001”. Stan techniki oraz nowe zastosowania procesów i aparatury do granulacji. Puławy – Kazimierz Dolny, 1/11-11/11.
- [32] Domoradzki M., Korpala W., 2002a. Badania procesu okresowego suszenia nasion. *Inż. Rol.* 9(42), 83-90.
- [33] Domoradzki M., Korpala W., 2002b. Termoodkażanie nasion w gorącej wodzie. *Inż. Rol.* 9(42), 99-106.
- [34] Domoradzki M., Korpala W., 2003. Ługowanie substancji powstrzymujących kiełkowanie z nasion buraka ćwikłowego. *Inż. Rol.* 8(50), 107-113.

- [35] Domoradzki M., Korpala W., 2005a. Densitometric classification of imbibed parsley seeds. *Acta Agrophys.* 5(1), 25-30.
- [36] Domoradzki M., Korpala W., 2005b. Dobór materiałów do otoczkowania nasion rzodkiewki roztworem dekstryny. *Inż. Rol.* 11(71), 69-78.
- [37] Domoradzki M., Korpala W., 2005c. Seed size dependent germination of selected vegetables. *Acta Agrophys.* 5(3), 607-612.
- [38] Domoradzki M., Korpala W., 2008. Mieszanka wody, dekstryny i alkoholu poliwinylowego do otoczkowania nasion. *Chemik* 9, 456-458.
- [39] Domoradzki M., Korpala W., Domoradzka O., 2003. Szybkość nawilżania nasion warzyw zanurzonych w wodzie. *Inż. Rol.* 8(50), 99-105.
- [40] Domoradzki M., Korpala W., Holcman J., 2000b. Usuwanie inhibitorów kiełkowania nasion. *Zesz. Nauk. Politechniki Opolskiej, Mechanika* 60, 53-60.
- [41] Domoradzki M., Korpala W., Sadowski Cz., 2006a. Studies on plant health in organic protection of vegetable seeds. *Proc. Eur. Joint Organic Congress, Odense, Denmark*, 410-411.
- [42] Domoradzki M., Korpala W., Weiner W., 2001. Powlekanie i granulacja nasion. VI Ogólnopolskie Sympozjum „Granulacja 2001”. Stan techniki oraz nowe zastosowania procesów i aparatury do granulacji. Puławy – Kazimierz Dolny, 1/6-6/6.
- [43] Domoradzki M., Korpala W., Weiner W., 2002. Badania kalibracji nasion warzyw. *Inż. Rol.* 9(42), 75-82.
- [44] Domoradzki M., Korpala W., Weiner W., 2004a. Badania kalibracji nasion marchwi. [W:] *Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodniczych*, B. Michalik i W. Weiner (red.), AR Kraków, 131-138.
- [45] Domoradzki M., Korpala W., Weiner W., 2004b. Badania procesu suszenia nasion pietruszki. [W:] *Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodniczych*, B. Michalik i W. Weiner (red.), AR Kraków, 143-148.
- [46] Domoradzki M., Korpala W., Weiner W., 2004c. Badania sprawności ciągłego przesiewacza do nasion. [W:] *Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodniczych*, B. Michalik i W. Weiner (red.), AR Kraków, 155-158.
- [47] Domoradzki M., Korpala W., Weiner W., 2004d. Zastosowanie funkcji RRSB do opisu rozdziału sitowego nasion. [W:] *Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodniczych*, B. Michalik i W. Weiner (red.), AR Kraków, 149-153.
- [48] Domoradzki M., Korpala W., Weiner W., 2005b. Badania procesu wibracyjnej selekcji nasion. *Inż. Rol.* 9(69), 85-91.
- [49] Domoradzki M., Korpala W., Weiner W., 2005c. Ocena rozkładu wielkości nasion na sitach laboratoryjnych. *Inż. Rol.* 11(71), 87-94.
- [50] Domoradzki M., Korpala W., Weiner W. 2006b. Badania procesu suszenia nasion warzyw. *Inż. Rol.* 7(82), 119-125.
- [51] Domoradzki M., Korpala W., Weiner W., 2007. Technologia przygotowania torfu do otoczkowania nasion. *Inż. Rol.* 5(93), 107-114.
- [52] Duczmal K., Tucholska H., 2000. *Nasiennictwo*. PWRiL Poznań

- [53] Ellis B., Bradley F., Atthgowe H., 1996. The organic gardener's handbook of natural insect and disease control, a complete problem-solving guide to keeping your garden & yard healthy without chemicals. Rodale Press Emmaus, Pennsylvania.
- [54] Fiedler Ż., Sosnowska D., 2008. Metody biologiczne w rolnictwie ekologicznym. [W:] Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych, E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PIB Poznań, 167-175.
- [55] Gajewski J., 2006. Mikotoksyny i grzyby pleśniowe zagrożeniem dla człowieka i zwierząt. Wyd. UKW Bydgoszcz.
- [56] Gnusowski B., Nowacka A., 2008. Pozostałości środków chemicznej ochrony w produktach rolnictwa. E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PIB Poznań, 63-69.
- [57] Grochowicz J., 1994. Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wyd. AR Lublin.
- [58] Grondeau C., Ladonne F., Fourmand A., Poutier F., Samson R., 1992. Attempt to eradicate *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* from pea seeds with heat treatments. Seed Sci. Technol. 20, 515-525.
- [59] Grzesik M., 2004a. Fizjologiczne podstawy kondycjonowania nasion. [W:] Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodnich, B. Michalik i W. Weiner (red.), AR Kraków, 85-93.
- [60] Grzesik M., 2004b. Wybrane zagadnienia z produkcji nasion ekologicznych. [W:] Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodnich, B. Michalik i W. Weiner (red.), AR Kraków, 205-213.
- [61] Grzesiuk S., Kulka K., 1981. Fizjologia i biochemia nasion. PWRiL Warszawa.
- [62] Hall T.J., Taylor G.S., 1983. Aerated-steam treatment for control of *Alternaria tenuis* on lobelia seeds. Ann. Appl. Biol. 103, 219-228.
- [63] Harrington I.F., 1963. Practical instruction and advice on seed storage. Proc. Int. Seed Test. Assoc. 28. 989-994.
- [64] Hassell R.L., Kretchman D.W., 1997. The effects of umbel order, soaking, and scarification on germination inhibiting substances in *Petroselinum crispum* L. and other Apiaceae seeds. Hortscience 32(7), 1227-1230.
- [65] Heim A., 1996. Procesy mechaniczne i urządzenia do ich realizacji. Wyd. Politechniki Łódzkiej.
- [66] Hill H.J., Taylor A.G., Min T.G., 1989. Density separation of imbibed and primed vegetable seeds. Amer. Soc. Hort. Sci. 144(4), 661-665.
- [67] Jankiewicz L.S., 1997. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin. PWN Warszawa.
- [68] Joergensen H., 2004. Rozwój rolnictwa zrównoważonego. Inż. Rol. 1(56), 49-58.
- [69] Kaniewska J., 2008. Odkazanie mikrofalowe nasion fasoli. Praca magisterska, UTP Bydgoszcz (praca niepublikowana).
- [70] Khan A.A., 1992. Preplant physiological seed conditioning. Hort. Rev. 13, 131-181.

- [71] Kłassien P.W., Griszajew I.G., 1989. Podstawy techniki granulacji. WNT Warszawa.
- [72] Kochman J., 1986. Zarys mikologii dla fitopatologii. SGGW Warszawa.
- [73] Kochman J., Węgorek W., 1997. Ochrona roślin. Plantpress Kraków.
- [74] Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., 2008. Mikotoksyny jako zagrożenie w produktach rolnictwa ekologicznego. [W:] Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych, E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PIB Poznań, 139-145.
- [75] Kowalczyk J., Zarajczyk J., 2006a. Ocena jakości pracy taśmowego zespołu wysiewającego siewnika S-11 Alex przy siewie nasion pietruszki. Inż. Rol. 5(80), 333-339.
- [76] Kowalczyk J., Zarajczyk J., 2006b. Porównanie jakości siewu nasion marchwi siewnikiem S-11 Alex w warunkach laboratoryjnych i polowych. Inż. Rol. 3(78), 127-133.
- [77] Kurpaska S., Latała H., Rutkowski K., 2006a. Analiza wydajności cieplnej gruntowego wymiennika ciepła w instalacji wykorzystującej pompę ciepła. Inż. Rol. 11(86), 251-256.
- [78] Kuś J., 2008. Ocena organizacyjno-produkcyjna gospodarstw ekologicznych w Polsce. [W:] Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych, E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PIB Poznań, 21-37.
- [79] Legro I.R.J., 2004. Organic seed & coating technology. A challenge and opportunity. Proc. First World Conference on Organic Seed, FAO Headquarter Rome, 108-112.
- [80] Leschonski K., Alex W., Koglin B., 1974a. Darstellung und Auswertung von Teilchengrößenanalysen. Chem. Ing. Techn. 46, 23-26.
- [81] Leschonski K., Alex W., Koglin B., 1974b. Teilchengrößenanalyse. Chem. Ing. Techn. 47, 21-24, 97-100.
- [82] Lipa J.J., 1984. Integrowanie metod zwalczania i sterowania populacjami agrofagów w nowoczesnych programach ochrony roślin. Materiały XXIV Sesji Naukowej IOR, 31-48.
- [83] Lipa J.J., 2007. Wykorzystanie bakterii w biologicznej ochronie roślin przed szkodnikami i chorobami. Monografia. Metody i środki proponowane w ochronie roślin ekologicznych. IOR Poznań, 24-25.
- [84] Lityński M., 1982. Biologiczne podstawy nasiennictwa. PWN Warszawa.
- [85] Lutchmeah R.S., Cooke R.C., 1985. Pelleting of seed with the antagonist *Pythium oligandrum* for biological control of damping-off. Plant Pathology 34, 528-531.
- [86] Łabanowska-Bury D., White R., 2008. Produkcja ekologiczna w Wielkiej Brytanii – sukcesy i ograniczenia. [W:] Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych, E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PIB Poznań, 80-85.
- [87] McIntyre J.L., Sands D.C., Taylor G.S., 1978. Overwintering seed disinfestation and phytogenicity studies of the tobacco hollow stalk pathogen, *Erwinia caratovora* var. *caratovora*. Phytopathology 68, 435-440.

- [88] Matyjaszczyk E., 2008a. Kwalifikowanie środków ochrony roślin w rolnictwie ekologicznym w Polsce. [W:] Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych, E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PIB Poznań, 38-47.
- [89] Matyjaszczyk E., 2008b. Niektóre problemy ochrony upraw ekologicznych w Polsce. *Probl. Ekol.* 3, 139-141.
- [90] Matyjaszczyk E., 2008c. Rejestracja środków ochrony roślin – uwarunkowania i stan aktualny. *Progress in Plant Protection / Post. Ochr. Rośl.* 48(1), 34-40.
- [91] Maude R.B., 1996. Seedborne diseases and their control. Hort. Res. Inter. Wellesbourne. CAB International.
- [92] Michalik B., 2004. Nasiennictwo marchwi, pietruszki, pasternaku, selera i kopru. [W:] Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodniczych, B. Michalik i W. Weiner (red.), AR Kraków, 62-64.
- [93] Miller P.W., McWhorter F.P., 1984. The use of vapour-heat as a practical means of disinfecting seeds. *Phytopathology* 38, 89-101.
- [94] Nesmith W., 1994. Seed treatments for commercial vegetables in Kentucky State University.  
[http://oisat.org/control\\_methods/other\\_methods/seed\\_treatment.html](http://oisat.org/control_methods/other_methods/seed_treatment.html)  
PPFS-VG-09
- [95] Olszak R.W., Pruszyński S., Lipa J.J., 2000. Rozwój koncepcji i strategii wykorzystania metod oraz środków ochrony roślin. *Progress in Plant Protection / Post. Ochr. Rośl.* 40(1), 40-50.
- [96] Orzechowski J., Tomaszewski K., 1993. Mechanizacja zbioru i suszenia nasion roślin niezbożowych. Wyd. AR Lublin.
- [97] Pabis J., 1978. Modelowanie procesu konwekcyjnego suszenia grubej warstwy nieruchomych nasion warzyw. *Rocz. Nauk Rol. C* 73(4), 161-173.
- [98] Pabis J., 2000a. Suszenie nasion. [W:] Nasiennictwo, T. 1, K. Duczmal i H. Tucholska (red.), PWRiL Poznań, 235-264.
- [99] Pabis J., 2000b. Uszlachetnianie materiału siewnego. [W:] Nasiennictwo, T. 1, K. Duczmal i H. Tucholska (red.), PWRiL Poznań, 205-234.
- [100] Pabis J., 2003. Uwarunkowania budowy, instalowania i eksploatacji kolektorów słonecznych do podgrzewania powietrza w produkcji rolniczej. *Czysta Energia* 10, 28-30.
- [101] Pabis J., 2004. Wykorzystanie kolektorów słonecznych w rolnictwie. *Czysta Energia* 10, 40-41.
- [102] Pabis J., Pabis S., 1984. Technologia suszenia i czyszczenia nasion. PWRiL Warszawa.
- [103] Pabis S., 1965. Suszenie płodów rolnych. PWRiL Warszawa.
- [104] Pabis S., 1982. Teoria konwekcyjnego suszenia produktów rolniczych. PWRiL Warszawa.
- [105] Pabis S., Jaros M., 2000. Wpływ liniowych suszarniczych skurczów i kształtów ciał stałych na kinetykę ich suszenia. *Inż. Rol.* 8(19), 183-191.

- [106] Papadakis M., Bomled I.P., 1961. La granulation des matieres premieres de cimenterie. *Rey. Mat. Constr.* 549, 289-299.
- [107] Parera C.A., Cantliffe D.J., 1995. Presowing seed priming. *Hort. Rev.* 16, 109-141.
- [108] Pittet A., 2005. Naturalne występowanie mikotoksyn w żywności i w paszach – nowe dane ([www.naturan.com.pl](http://www.naturan.com.pl)).
- [109] Podlaski S., 2000a. Produkcja nasion buraka cukrowego o wysokiej jakości. *Warsztaty nasienne. AR Kraków*, 100-101.
- [110] Podlaski S., 2000b. Przechowywanie nasion. [W:] *Nasiennictwo*, T. 1, K. Duczmał i H. Tucholska (red.), PWRiL Poznań, 276-286.
- [111] Pohorecki R., Wroński S., 1979. Kinetyka i termodynamika procesów inżynierii chemicznej. WNT Warszawa.
- [112] Pruszyński S., 2006. Ochrona upraw w rolnictwie zrównoważonym. *Probl. Inż. Rol.* 2, 71-80.
- [113] Pruszyński S., 2008. Biostymulatory jako alternatywne środki dla rolnictwa ekologicznego. [W:] *Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych*, E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PIB Poznań, 176-183.
- [114] Rutkowski K., Kurpaska S., Latała H., 2006b. Metodyczne aspekty doboru dolnego źródła pompy ciepła do ogrzewania tunelu foliowego. *Inż. Rol.* 11(86), 409-416.
- [115] Ryniecki A., Szymański P., (red.), 1999. Dobrze przechowane ziarno. Jak suszyć, chłodzić, przewietrzać, czyścić i przechowywać ziarno zbóż, nasiona rzepaku i innych roślin. *Poradnik. Pytania i odpowiedzi*. Wyd. II. Towarzystwo Umiejętności Rolniczych Poznań, 4, 14.
- [116] Sadowski Cz., Domoradzki M., Korpala W., 2005. Badania nad możliwością stosowania biopreparatu opartego na *Trichoderma viride* do otoczkowania nasion warzyw ekologicznych. [W:] *Zmienność genetyczna i jej wykorzystanie w hodowli roślin ogrodniczych*, B. Michalik i E. Żurawicz (red.), ISiK Skierniewice i PTNO, 219-227.
- [117] Sadowski Cz., Lenc L., Baturko A., 2008. Z badań nad zdrowotnością roślin uprawianych w systemie ekologicznym. [W:] *Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych*, E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PIB Poznań, 89-105.
- [118] Sadowski Cz., Korpala W., Weiner W., 2004. Otoczkowanie nasion z zarodnikami *Trichoderma viride*. [W:] *Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodniczych*, B. Michalik i W. Weiner (red.), AR Kraków, 248-251.
- [119] Sadowski Cz., Pańska D., Lenc L., Domoradzki M., 2005. Badania nad możliwością wykorzystania biopreparatów do otoczkowania nasion warzyw ekologicznych. *Progress in Plant Protection* 45(2), 1055-1057.
- [120] Sahota A., 2008. The global market for organic food & drink. *Biofach 2008* ([www.organicmonitor.com](http://www.organicmonitor.com)).
- [121] Schlegel H., 1996. *Mikrobiologia ogólna*. PWN Warszawa.

- [122] Serwiński M., 1971. Zasady inżynierii chemicznej. Operacje jednostkowe. WNT Warszawa.
- [123] Siegel M.R., Latch G.C.M., Johnson M.C., 1987. Fungal endophytes of grasses. *Ann. Rev. Phytopath.* 25, 293-315.
- [124] Sokołowska A., Woyke H., 1994. Wpływ temperatury na dynamikę kiełkowania nasion pietruszki o różnej wielkości. *Mat. Konf. ART Olsztyn*, 245-250.
- [125] Strumiłło Cz., 1983. Podstawy teorii i techniki suszenia. WNT Warszawa.
- [126] Supniewski J., 1958. Preparatyka nieorganiczna. PWN Warszawa.
- [127] Sykes G., 1965. Disinfection and sterilization. 2nd ed. E&FN Spon London, UK.
- [128] Szymona J., 2008. Światowe tendencje w rozwoju rolnictwa ekologicznego. [W:] Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych, E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PIB Poznań, 15-21.
- [129] Tarr S.A.J., 1972. The principles of plant pathology. Macmillan London, UK.
- [130] Taylor A.G., Herman G.E., Nielsen P.A., 1994. Biological seed treatments using *Trichoderma harzianum* for horticultural crops. *HortTechnol.* 4, 105-109.
- [131] Thomas T.H., 1984. Changes in endogenous cytokinins of celery (*Apium graveolens* L.) seeds following an osmotic priming or growth regulator soak treatment. *Plant Growth Regul.* 2, 135-141.
- [132] Tonkin J.H.B., 1979. Pelleting and other presowing treatments. *Advances Res. Technol. Seeds (Netherlands)* 4, 84-105.
- [133] Tonkin J.H.B., 1984. Pelleting and other presowing treatments. *Advances Res. Technol. Seeds (Netherlands)* 9, 94-127.
- [134] Umekawa M., 1987. Studies on angular leaf spot of cucumber. *Bulletin of the Vegetable and Ornamental Crops Research Station, Series B2*, Iwate, Japan, 55-61.
- [135] Vaclavik T., 2008. Organic retailing development in Europe. BioFach Congress, Nuremberg, Germany.
- [136] Villeneve F., Luneau Ch. 1992. Materiały z konferencji Ctifl Fr. Carote Nr 29. ref nr. 92-534. 92-535. 92-536.
- [137] Walker J.C., 1923. The hot water treatment of cabbage seed. *Phytopathology* 13, 251-253.
- [138] Wierzbicki K., 2004. Kierunki transformacji infrastruktury technicznej obszarów wiejskich zgodnie z tendencjami w UE. *Inż. Rol.* 1(56), 5-16.
- [139] Witek Z., Chmielowiec P., 2004. Produkcja nasion do upraw ekologicznych, konieczność, możliwości i aspekty praktyczne. [W:] Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodniczych, B. Michalik i W. Weiner (red.), AR Kraków, 252-256.
- [140] Wodziński P., 1997. Przesiewanie i przesiewacze. Wyd. Politechniki Łódzkiej.

- [141] Wojtaszek P., 2003. Rośliny potrafią się bronić. Informacja KBN. (<http://kbn.icm.edu.pl/pub/kbn/eureka/0102/43.html>).
- [142] Woyke H., Sokołowska A., Szafirowska A., 1990. Zależność między zdolnością kiełkowania a wschodami warzyw w polu. Cz. I ogólna – synteza. Biul. Warzyw. XXXV, 5-19.
- [143] Yohalem D.S., 2003. Microbiological management of foliar pathogens in glasshouses. Słutkonferencje, Danmark.
- [144] Zbytek Z., Talarczyk W., 2007a. Mechaniczna ochrona upraw w wąskich międzyrzędziach. Mechaniczna ochrona upraw w szerokich międzyrzędziach. [W:] Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie, T. 2, PIMR Poznań, 44-48, 49-60.
- [145] Zbytek Z., Talarczyk W., 2007b. Nowe wielofunkcyjne narzędzia uprawowo-pielęgnacyjne. Technika Rolnicza – Ogrodnicza – Leśna 2, 20-23.
- [146] Zbytek Z., Talarczyk W., 2008. Nowe rozwiązania proekologicznych narzędzi do mechanicznego zwalczania chwastów. [W:] Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych, E. Matyjaszczyk (red.), IOR-PIB Poznań, 221-240.
- [147] Ziolkowski Z., 1980. Ekstrakcja cieczy w przemyśle chemicznym. WNT Warszawa.

### **Dokumenty, normy i patenty**

1. Mały rocznik statystyczny GUS, 2010.
2. Ustawa o rolnictwie ekologicznym, 2004. Dz.U. Nr 93 z 20 kwietnia 2004 r. poz. 879 i 898.
3. Rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących wytwarzania i jakości materiału siewnego. Dz. U. Nr 29 z 1 lutego 2007 r. poz. 189.
4. Zasady rolnictwa ekologicznego w krajach Unii, 1991. Rozporządzenie Rady Ministrów Wspólnoty Europejskiej nr 2092/91.
5. Strategia tematyczna w sprawie zrównoważonego stosowania pestycydów. Komunikat Komisji Parlamentu Europejskiego, Bruksela. 12.07.2006 COM 372.

### **Normy**

1. BN-85/9116-01. Materiał siewny. Nasiona roślin warzywnych.
2. PN-R-71603, 1994. Materiał siewny. Pobieranie próbek nasion.
3. PN-C-04501, 1971. Analiza sitowa. Wytyczne wykonywania.
4. PN-EN 13041, 2009. Środki poprawiające glebę i podłoża uprawowe – Oznaczanie właściwości fizycznych – Gęstość objętościowa suchej próbki, pojemność powietrzna, pojemność wodna, kurczliwość i porowatość ogólna.
5. PN-EN 24497, 1999. Oznaczanie wielkości cząstek przez przesiewanie na sucho.



6. PN-EN ISO 8502-9, 2002. Terenowa metoda konduktometrycznego oznaczania soli rozpuszczalnych w wodzie.
7. PN-ISO 21527-2, 2009. Ziarno zbóż, nasiona roślin strączkowych i produkty z nich otrzymane – Oznaczanie liczby bakterii, drożdży i pleśni .
8. PN-ISO 2591-1, 2000. Analiza sitowa – Metody z zastosowaniem sit kontrolnych z tkaniny z drutu i z blachy perforowanej.
9. PN-R-65023, 1999. Materiał siewny. Nasiona roślin rolniczych.
10. PN-R-65950, 1994. Materiał siewny. Metody badania nasion.
11. PN-R-67009, 1997. Materiał siewny. Nasiona roślin zielarskich.
12. PN-R-67050, 1996. Materiał siewny. Nasiona roślin warzywnych.
13. PN-R-71603, 1994. Materiał siewny. Pobieranie próbek nasion.

### **Patenty**

1. Pat. P-191474. Przesiewacz wibracyjny z obiegiem kołowym nasion na sicie.
2. Pat. P-387615. Urządzenie do skaryfikacji nasion.

## DOSKONALENIE TECHNOLOGII POZBIOROWEJ OBRÓBKİ NASION EKOLOGICZNYCH NA PRZYKŁADZIE ROŚLIN BALDASZKOWATYCH

### Streszczenie

Rolnictwo ekologiczne wymaga stosowania odmiennych metod produkcji żywności i gospodarowania niż konwencjonalne. Podstawowym warunkiem tego systemu rolnictwa jest nieużywanie chemicznych środków ochrony roślin do zwalczania chorób, szkodników i chwastów, aby stopniowo polepszyć jakość wody spożywanej przez ludzi, zwierzęta i rośliny. W celu utrzymania prawidłowej struktury i żyzności gleby stosuje się nawozy zielone oraz kompost, obornik i wapnowanie. Wykorzystuje się ponadto maszyny, narzędzia i metody chroniące glebę i poprawiające jej strukturę oraz dąży się do stworzenia zamkniętego obiegu materii organicznej w gospodarstwie.

Pozyskane z upraw ekologicznych plony są wprowadzane na rynek na kontrolowanych przez państwo warunkach, oznaczone międzynarodowym znakiem jakości i sprzedawane w wydzielonych stoiskach handlowych.

Jednym z wymogów rolnictwa ekologicznego jest stosowanie w produkcji roślinnej nasion pochodzących z gospodarstw ekologicznych. Nasiona ekologiczne wprowadzane do obrotu powinny spełniać obowiązujące wymagania dla konwencjonalnych nasion handlowych.

Przedstawiona praca jest wynikiem rozważań i badań nad możliwością uruchomienia produkcji nasion w ekologicznych gospodarstwach nasiennych bez stosowania chemicznych środków ochrony roślin. W tym celu przeanalizowano wpływ procesów i operacji technologicznych obróbki nasion pozyskanych na plantacjach ekologicznych na ich jakość po zbiorze.

Zbadano skuteczność wytypowanych metod poprawy jakości materiału siewnego w aspekcie spełnienia wymogów rolnictwa ekologicznego:

- intensywnego i głębokiego suszenia nasion zaraz po zbiorach i operacjach mokrych,
- płukania i ługowania nasion w wodzie,
- termoterapii nasion gorącą wodą w 50°C,
- rozdziału hydrostatycznego,
- kalibracji nasion – rozdziału nasion na frakcje co 0,2 mm,
- inokulacji nasion zarodnikami grzybów symbiotycznych: *Trichoderma viride* i *Phytium oligandrum*,
- powlekania nasion chitosanem,
- otoczkowania nasion.

Skuteczność wymienionych metod zbadano na przykładzie nasion roślin baldaszkowatych: marchwi, pietruszki i kopru ogrodowego.

Intensywne i głębokie suszenie jest zasadne dla wszystkich gatunków nasion. Płukanie i ługowanie jest skuteczne zwłaszcza dla nasion pietruszki, ponieważ powoduje usunięcie zarodników grzybów i inhibitorów kiełkowania.

Termoterapia sprawdza się szczególnie dla nasion marchwi i pietruszki, natomiast dla kopru temperatura, w której giną patogeny, powoduje obumieranie ich nasion. Kalibracja jest efektywna dla wszystkich trzech rozważanych gatunków i pozwala wybrać frakcje nasion o lepszych parametrach kiełkowania. Inokulacja grzybami *Trichoderma viride* i *Phytium oligandrum* oraz otoczkowanie są skutecznymi metodami zapobiegania chorobom grzybowym.

Zaproponowano nowy sposób postępowania z masą nasienną po zbiorze, który pozwala na dobór oraz ustalenie kolejności i czynności procesowych poprawiających jakość nasion roślin baldaszkowatych bez udziału chemicznych środków ochrony roślin, zgodny z wymaganiami rolnictwa ekologicznego.

Opracowano urządzenia i sprawdzono w praktyce działanie aparatów do termoterapii, płukania, ługowania i rozdziału hydrostatycznego nasion, wielopokładowy wibracyjny kalibrator z obiegiem kołowym nasion na sicie, granulator talerzowy do inokulacji i otoczkowania nasion, które pozwalają na obróbkę nasion opracowanymi metodami. Zaproponowano nową, rozszerzoną technologię obróbki nasion pozyskanych z plantacji ekologicznej.

Wykazano, że po przeprowadzeniu tych procesów możliwe jest pozyskanie materiału siewnego z ekologicznych plantacji nasiennych, spełniającego aktualne wymagania dla nasion handlowych.

Aparatura przemysłowa wykonana na podstawie uzyskanych wyników badań została wdrożona w dwóch zakładach przemysłu nasiennego i umożliwiła wprowadzanie na rynek nasion ekologicznych.

W pracy postuluje się utworzenie stacji nasiennej, której zadaniem byłoby wyhodowanie nowych odmian odpornych na choroby, prowadzenie hodowli zachowawczej i produkcji nasion ekologicznych.

Słowa kluczowe: nasiona ekologiczne, mycie nasion, termoterapia nasion, separacja hydrostatyczna, inokulacja, zaprawianie ekologiczne, otoczkowanie, kalibracja nasion, suszenie nasion, obróbka nasion ekologicznych

## **IMPROVEMENTS IN THE TECHNOLOGY OF POST-HARVEST PROCESSING OF ORGANIC SEEDS AS EXEMPLIFIED WITH THE APIACEAE PLANTS SEEDS**

### **Summary**

Organic farming requires the application of methods of food production and management different from those of conventional farming. The basic condition of organic agriculture is not to use artificial chemicals to control disease, pest and weeds. To maintain and build proper structure and fertility of soil, green manures, compost, stable manure and liming are used. Moreover, machines, implements tools and methods protecting soil and improving its structure are applied and activities are undertaken to achieve a closed circulation of organic mater.

Yields obtained from organic crops are introduced to the market on conditions controlled and certified by the state, marked with the international sign of organic quality and are usually sold in separate stands.

One of the legal requirements of organic farming is that seeds obtained from organic farms are to be applied in organic plant production. Organic seeds introduced into the market are supposed to meet current quality requirements the same as for conventional seeds.

The study presented is the result of consideration of and research into possibilities of starting sowing seed production on organic seed farms, without any application of agrochemicals. In order to achieve this goal, the effect of post-harvest processing on the quality of seeds obtained from organic plantations analyzed.

The effectiveness of selected methods for improvement of the sowing material quality were examined from the point of view of meeting the requirements of organic agriculture:

- intensive and deep drying seeds immediately after harvesting and after any wet operations,
- seed washing and extraction in water,
- thermotherapy of seeds with hot water at 50°C,
- hydrostatic separation,
- seed calibration – separation of seeds into fractions differing by 0.2 mm,
- inoculation of seeds with spores of symbiotic fungi: *Trichoderma viride* and *Phytium oligandrum*,
- coating seeds with chitosan,
- pelleting seeds.

The effectiveness of the above mentioned methods was examined in seeds of the Apiaceae plants: carrot, parsley and garden dill.

Intensive drying and deep drying is justified for all the species of seeds. Washing and extraction is effective especially for parsley seeds, as it results in

removal of fungi spores and germination inhibitors. Thermotherapy works particularly well for seeds of carrot and parsley, whereas for dill the temperature that kills pathogens causes' death of the seeds. Calibration is effective for all the three species under discussion, as allows for a selection of seed fractions with better germination parameters. Inoculation with the fungi *Trichoderma viride* and *Phytium oligandrum* as well as pelleting are effective methods for preventing fungal diseases.

A new way of handling the seed mass after harvesting which allows selection and determination of the order of processes improving the quality of seeds of the Apiaceae plants without using chemical protection in accordance with requirements of organic agriculture was proposed.

Equipment was developed and the action of apparatuses for thermotherapy, washing, extracting and hydrostatic separation of seeds were tested in practice, such as a multi-deck vibration calibrator with circular movement of seeds on the sieve, a disk granulator for inoculation and pelleting of seeds, which allows for the seed treatment with developed methods. A new, extended treatment technology of seeds obtained from an organic plantation was proposed.

It was demonstrated that by carrying out these processes it is possible to obtain seed material from organic seed plantations which meets the current requirements for commercial seeds.

The industrial apparatuses constructed on the basis of the results in this study were implemented into two seed industry plants, which allowed for an introduction of organic seeds into the market.

In this study, arguments are provided for the necessity of creation of a seed station dedicated to organic agriculture, to take care of breeding of new disease resistant varieties, conducting maintenance breeding and production of the organic seeds.

**Keywords:** organic seeds, washing seeds, seed thermotherapy, hydrostatic separation, inoculation, organic dressing, pelleting, seed calibration, seed drying, organic seed treatment