

TECHNOLOGIA SUSZENIA NASION WARZYW

Jan Pabis

Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa,
Warszawa

WSTĘP

Zadaniem współczesnej techniki rolniczej w procesach pozbiorowej obróbki nasion warzyw, jak też i w okresie przechowywania jest ograniczenie do maksimum czynników zewnętrznych i wewnętrznych mających wpływ na obniżenie jakości biologicznej nasion.

Oprócz dążenia do obniżania strat wynikających z działania maszyn i urządzeń w czasie zbioru nasion, omłotu, czyszczenia z sortowaniem i transportu podstawową czynnością jest obniżenie nadmiernej zawartości wody w zbieranych nasionach.

Obecnie podczas produkcji nasion warzyw z powierzchni od 0,5 do kilkunastu hektarów, gdy masa nasienników (nasiona + masa roślinna) wynosi często od 5000-6000 kg z hektara, stosowanie u producentów suszenia naturalnego jest niemożliwe, tym bardziej, że większość nasion zbierana jest w okresie niesprzyjającej pogody. Koniecznym jest więc stosowanie suszenia sztucznego. Brak jeszcze w kraju zaplecza suszarniczego jest przyczyną powstawania poważnych strat jakościowych i ilościowych szacowanych na ok. 10-30% wartości; w skali krajowej od kilkudziesięciu do kilkuset milionów złotych. Wartość nasion wyprodukowanych z 1 hektara równoważna jest wartości ziarna zbóż produkowanego z 30 do 50 hektarów.

Dobra jakość nasion wpływa w 20-30% na wzrost plonów, a tym samym na wzrost produkcji towarowej warzyw przeznaczonych na bezpośrednie spożycie i przetwórstwo. Wartość produkcji warzyw wynosi ok. 11% wartości całej produkcji roślinnej w kraju oraz 25% wartości eksportu artykułów pochodzenia roślinnego.

W porównaniu do suszenia ziarna zbóż, suszenie nasion warzyw jest zabiegiem znacznie trudniejszym. Wpływa na to duża różnorodność rodzajów nasion różniących się znacznie cechami fizycznymi, termofizycznymi, budową zewnętrzną i wewnętrzną. Na trudności suszenia wpływa również wysoka wilgotność nasion po zbiorze, często

40-50%, zwłaszcza nasion zbieranych w nasiennikach. Różna wilgotność i budowa poszczególnych elementów nasienników wpływa, że inaczej wysychają nasiona, inaczej łodygi, a jeszcze inaczej pozostałe części nasienników.

Specyfika zbioru nasion, jak też i późniejsza obróbka nasion stwarzają konieczność stosowania dwu lub trzyetapowego suszenia, a mianowicie po zbiorze przed omłotem w nasiennikach, po omłocie do wilgotności 9-14% odpowiedniej dla okresowego przechowywania, oraz często w trzecim etapie do niskich wilgotności 6-7%, odpowiednich dla długotrwałego przechowywania (rezerwy nasienne).

OBLICZANIE PROCESÓW SUSZENIA KONWEKCYJNEGO NASION SUSZONYCH W CIENKIEJ I GRUBEJ WARSTWIE NIERUCHOMEJ

W literaturze fachowej suszenia produktów rolniczych bardzo mało jest prac poświęconych technice i technologii suszenia nasion warzyw. Dotyczy to szczególnie metod obliczania procesów suszenia i konstrukcji suszarek.

Prowadzone w IBMER przed kilku laty prace nad suszeniem nasion warzyw pozwoliły na opracowanie procesu suszenia niektórych nasion warzyw, takich jak nasiona cebuli, pietruszki, grochu i fasoli.

Analogia między wymianą ciepła a wymianą masy oraz znajomość współczynnika wewnętrznej dyfuzji wody od temperatury nagrzania nasion, a także od zawartości wody w nasionach umożliwiła opracowanie modeli matematycznych procesów konwekcyjnego suszenia nasion w cienkich i grubych warstwach nieruchomych, jak też i suszenia fluidyzacyjnego.

Model matematyczny szybkości suszenia nasion w cienkiej lub grubej warstwie nieruchomej opisuje równanie:

$$\frac{du}{d\theta} = f(\theta, \mu, a_m, R) \quad (1)$$

w którym:

θ - czas suszenia, h

U - zawartość wody, kg H₂O/kg s.m.

a_m - umowny współczynnik wewnętrznej dyfuzji wody, m²/h

R - promień zastępczy nasion, mm, m.

Warunki tego modelu spełnia równanie dyfuzji wody:

$$\frac{\partial u}{\partial \theta} = a_m \cdot \nabla^2 U \quad (2)$$

przy założeniu, że w czasie suszenia nasion w cienkiej warstwie następuje bardzo szybkie wyrównanie się temperatury, a potencjał wymiany wody zależy tylko od zawartości wody w nasieniu oraz $\nabla^2 T = 0$.

Zakładając również stałą wartość współczynnika wewnętrznej dyfuzji wody a_m oraz przy warunkach brzegowych

$$U(\theta, R) - U_r = 0$$

i początkowych

$$U(\theta, \xi) = U_1 = \text{const.}$$

$$\text{gdy } \theta = 0$$

równanie (2) można rozwiązać przedstawiając symbolicznie zależność:

$$\frac{U(\theta, \xi) - U_r}{U_1 - U_r} = \sum_{n=1}^{\infty} f_n \left(\frac{\xi}{R}, F_{om} \right). \quad (3)$$

Po przekształceniu tego równania i obliczeniu średniej wartości jego całki ze względu na ξ w obrębie kuli o promieniu R otrzymamy ostateczną postać rozwiązania wyrażającego średnią zredukowaną zawartość wody w kulistych nasionach i danym czasie suszenia w zależności od współczynnika dyfuzji wody a_m , czasu suszenia θ i promienia kuli R o objętości równej objętości suszonego nasienia.

$$\frac{U(\theta) - U_r}{U_1 - U_r} = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cdot \exp \left(- \mu_n^2 \cdot \frac{a_m \cdot \theta}{R^2} \right) \quad (4)$$

Dla cząstek o kształcie kuli wartości współczynnika B_n i μ wynoszą:

$$B_n = \frac{6}{\mu n^2} \quad (5)$$

$$\mu_n^2 = \pi^2 \cdot n \quad (6)$$

natomiast

$$\frac{a_m \cdot \theta}{R^2} = F_{om} \quad (7)$$

wyraża liczbę Fouriera dla wymiany masy (wody).

W równaniach tych:

U_r - równoważna zawartość wody, kg wody/kg s.m.,

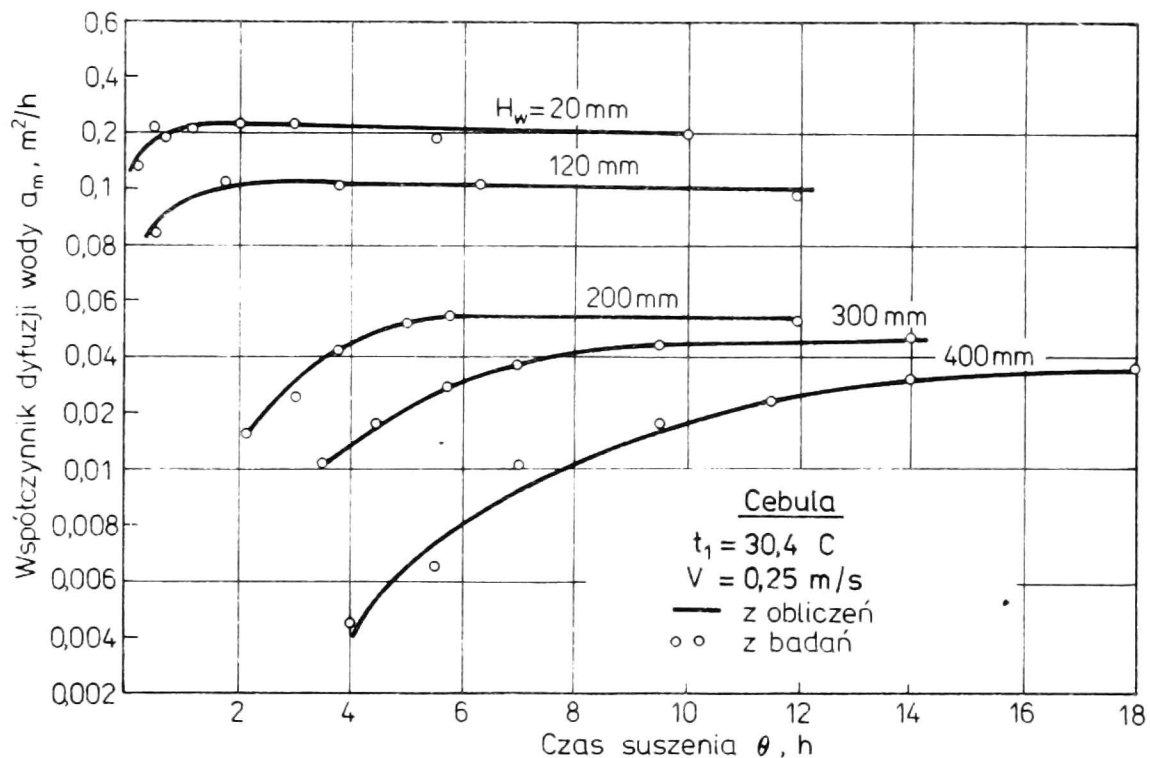
f_n - współczynnik kształtu,

ξ - zmiana położenia w obrębie objętości nasion,

B_n - współczynnik,

μ_n - współczynnik.

Zastosowanie do obliczeń przebiegu suszenia równania dyfuzji wody (4) wymaga znajomości współczynnika dyfuzji wody a_m , równoważnej zawartości wody U_r oraz wymiarów nasion.



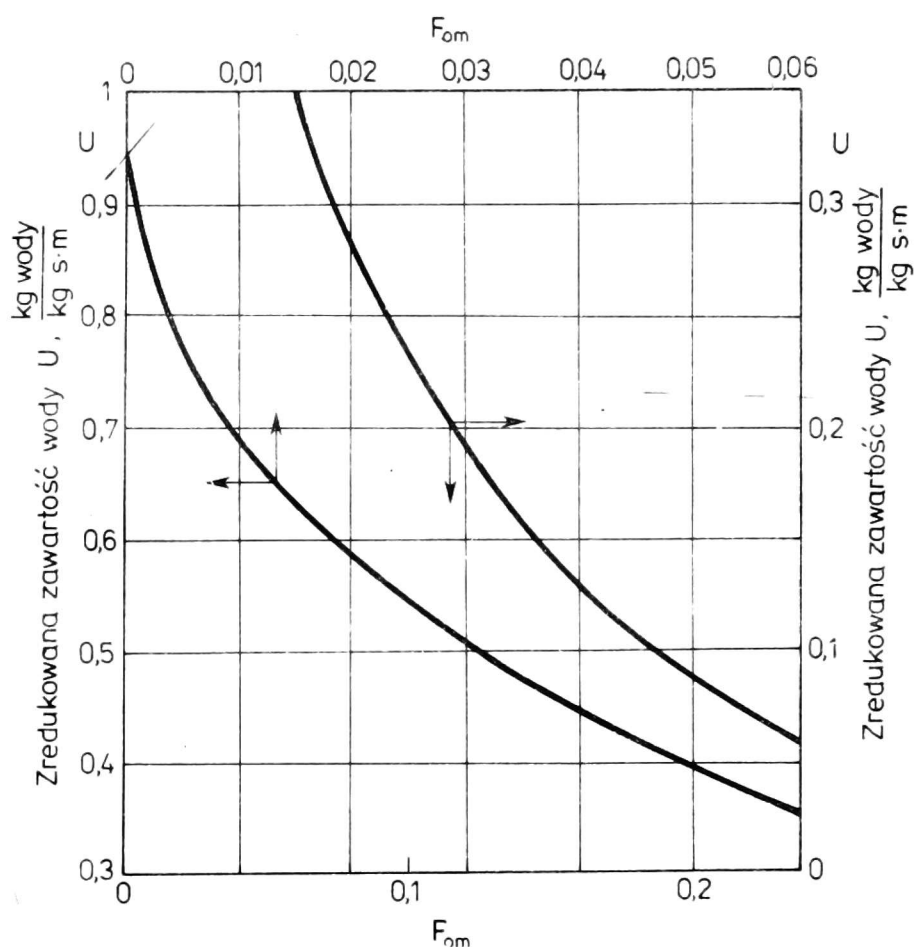
Rys. 1. Przebieg zależności współczynnika dyfuzji wody od czasu suszenia dla różnych grubości warstwy nasion cebuli

Wyniki badań suszenia nasion w warstwach cienkich do grubości ok. 120 mm wskazują, że następuje bardzo szybkie wyrównanie się temperatury w warstwie, co stwarza warunki suszenia w bezgradientnym polu temperatur przy stałej wartości współczynnika dyfuzji wody.

Przebieg zależności współczynnika dyfuzji wody od czasu suszenia dla różnych grubości warstwy nasion cebuli przedstawiono na wykresie rys. 1.

Dla znanych zredukowanych zawartości wody U wartość liczby Fouriera Fom odczytuje się z wykresu rys. 2.

Obliczone na podstawie badań wartości współczynnika wody zestawiono w tabeli 1.



Rys. 2. Zredukowana zawartość wody U w funkcji liczby Fouriera F_{om}
KULA

$$U = \frac{U(\theta) - U_r}{U_o - U_r}$$

$$\frac{U(\theta) - U_r}{U_o - U_r} = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \exp(-\mu_n^2 F_{om})$$

$$F_{om} = \frac{a_m \theta}{R^2}$$

$$B_n = \frac{6}{\mu_n^2}$$

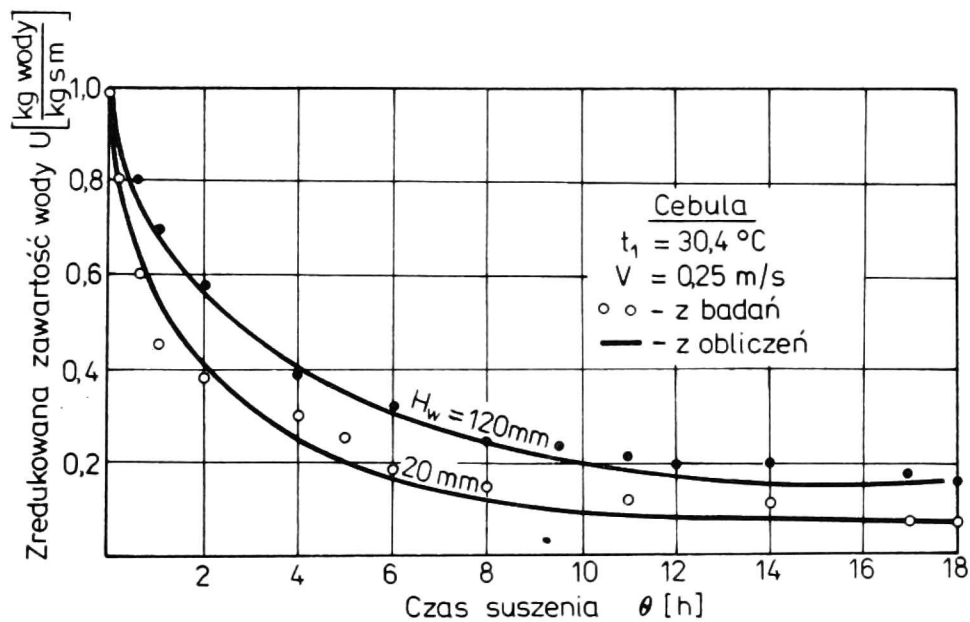
$$\mu_n = n\pi$$

Przedstawiona metoda pozwala na obliczanie czasu suszenia z równania (7) dla znanej wartości współczynnika dyfuzji wody a_m , liczby Fouriera F_{om} , średnicy nasion R lub budowę krzywych suszenia.

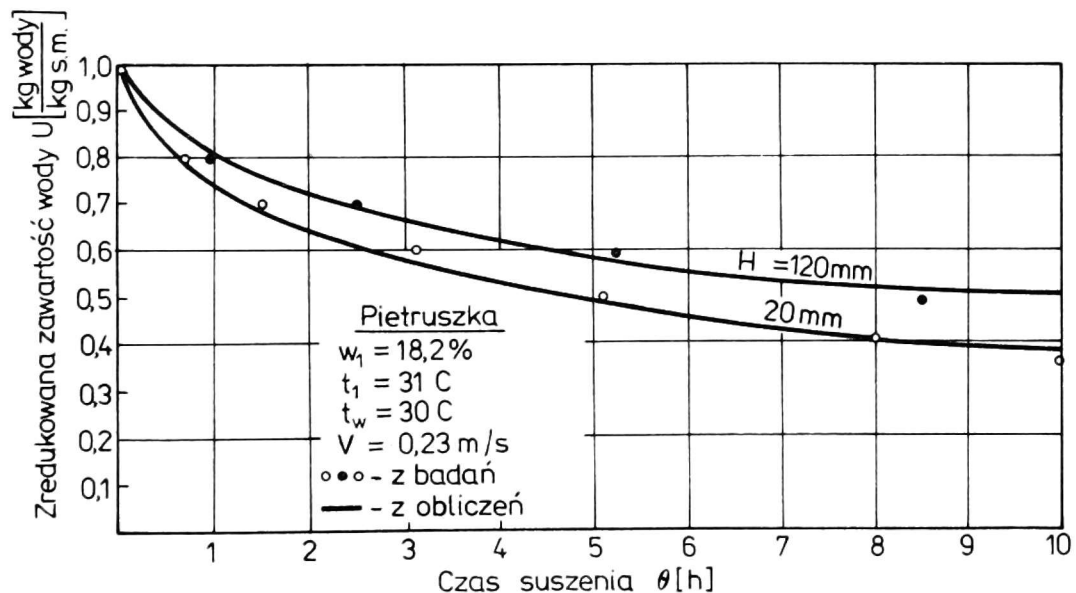
Na wykresach 3 i 4 przedstawiono przykładowo porównanie wyników badań suszenia nasion cebuli i pietruszki z wynikami obliczeń. Różnice pomiędzy wartościami czasów są niewielkie i wynoszą dla cebuli $\theta = 5,4-6,9\%$, a dla pietruszki $\theta = 4,9-5,9\%$.

Wartości współczynnika dyfuzji wody
dla nasion cebuli i pietruszki

Rodzaj nasion	Wartość współczynnika dyfuzji wody, $a_m, m^2/h$		Zakres stosowania
	$H_w = 20 \text{ mm}$	$H_w = 120 \text{ mm}$	
Cebula	$a_m = 0,207 \cdot 10^{-10}$	$a_m = 0,105 \cdot 10^{-10}$	$0,08 \leq U \leq 0,220$
Pietruszka	$a_m = 0,0376 \cdot 10^{-10}$	$a_m = 0,024 \cdot 10^{-10}$	$0 \leq t \leq 30^\circ C$



Rys. 3. Porównanie wyników badań suszenia nasion cebuli z wynikami obliczeń



Rys. 4. Porównanie wyników badań suszenia nasion pietruszki z wynikami obliczeń

Wykorzystanie przedstawionej wyżej metody obliczania przebiegu suszenia dla grubych warstw nieruchomych wymaga uwzględnienia średniej temperatury w warstwie nasion oraz średniej wartości współczynnika dyfuzji wody, bowiem proces suszenia w warstwach grubych jest procesem niestacjonarnym przez cały czas trwania suszenia.

Matematyczny model zmian średniej temperatury nasion w warstwie opisuje równanie:

$$\frac{dt}{d\theta} = f(\theta, t_p(a\alpha), V, c, \gamma, a_m, r, R, U) \quad (8)$$

w którym:

t_p - temperatura powietrza, °C

$(a\alpha)$ - objętościowy współczynnik przejmowania ciepła. $W/m^3 \cdot K$
h deg

V - objętość warstwy, m^3

c - ciepło właściwe, $J/kg \cdot K$

γ - gęstość nasion, kg/m^3

r - ciepło parowania, $J/kg \cdot H_2O$.

Wychodząc z bilansu cieplnego podczas suszenia grubej warstwy nasion po przekształceniach równania

$$\frac{dt}{d\theta} = - \frac{(a\alpha)}{c \cdot \gamma} \cdot (t - t_p) + \frac{r}{c} \cdot \frac{dU}{d\theta} \quad (9)$$

otrzymamy matematyczny model średniej temperatury nasion w warstwie

$$\frac{t - t_p}{t_1 - t_p} = \frac{t_p - t}{t_p - t_1} = \exp \left[- \frac{(a\alpha)}{c \cdot \gamma} \cdot \theta \right]. \quad (10)$$

Średnią wartość współczynnika wewnętrznej dyfuzji wody oblicza się z równania

$$\bar{a}_m = A \cdot e^{B \cdot \bar{t}} \quad (11)$$

gdzie:

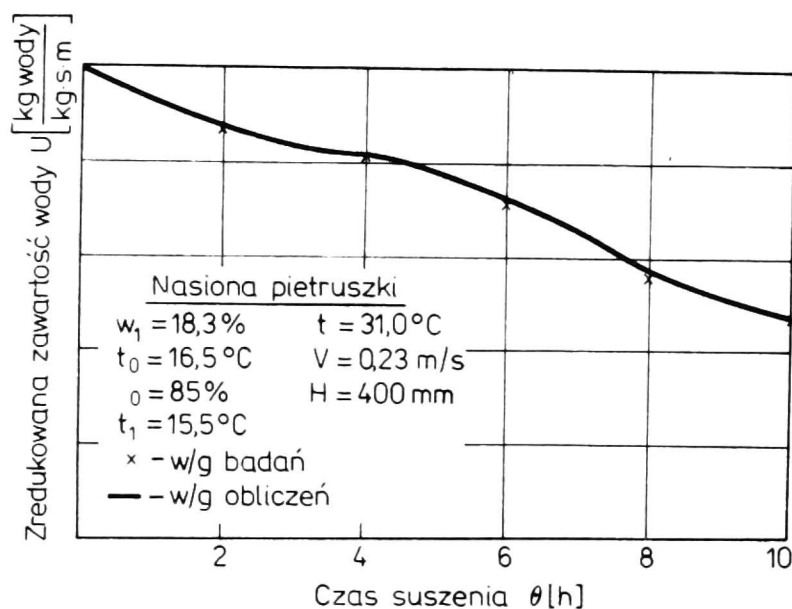
A - współczynnik.

B - współczynnik.

Dla nasion pietruszki średnią wartość współczynnika wewnętrznej dyfuzji wody oblicza się z równania

$$\bar{a}_m = 2,4 \cdot 10^{-6} \cdot e^{0,350 \cdot \bar{t}} \quad (12)$$

Na wykresie rysunku 5 przedstawiono porównanie wyników badań suszenia nasion pietruszki z wynikami obliczeń. Różnice pomiędzy wartościami uzyskanymi na drodze badań a wartościami obliczanymi są niewielkie i wynoszą $\theta = 2,0\%$.



Rys. 5. Porównanie wyników badań suszenia nasion pietruszki z wynikami obliczeń

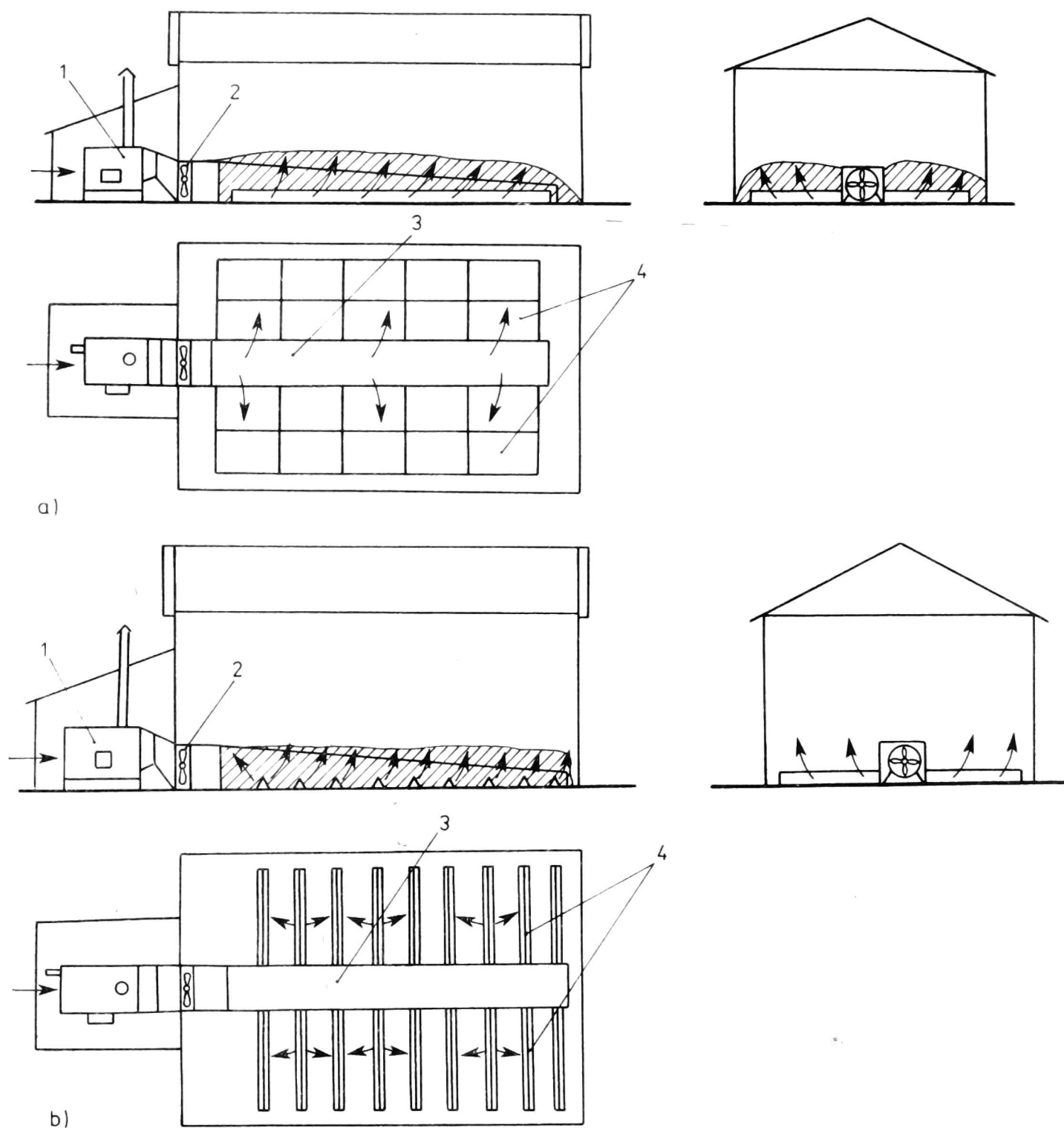
Przedstawione metody suszenia mogą być zastosowane do suszenia innych niż podano przykładowo nasion warzyw, jednakże przed opracowaniem równań przydatnych dla praktyki należy wyznaczyć na drodze badań niektóre współczynniki charakterystyczne dla danego rodzaju nasion.

PRZEBIEG SUSZENIA NIEKTÓRYCH NASION WARZYW

Suszenie nasion w masie roślinnej przy plonie 4000–7000 kg/ha (masy roślinnej + nasiona) wymaga stosowania dużych powierzchni suszarek, np. 25, 50, 75 i 100 m².

Bardzo często przy produkcji nasion z kilkunastu hektarów w SHRO stosuje się kilka suszarek, często o sumarycznej powierzchni 200–500 m². Są to suszarki podłogowo-rusztowe lub podłogowo-kanalowe pokazane schematycznie na rysunku 6.

Na wykresie rysunku 7 pokazano przykładowo przebieg suszenia poszczególnych części nasienników cebuli. Jak wynika z wykresu najszybciej wysychają nasiona cebuli, wolniej łodygi a szypułki z łodygami wysychają podobnie jak cała masa roślinna.



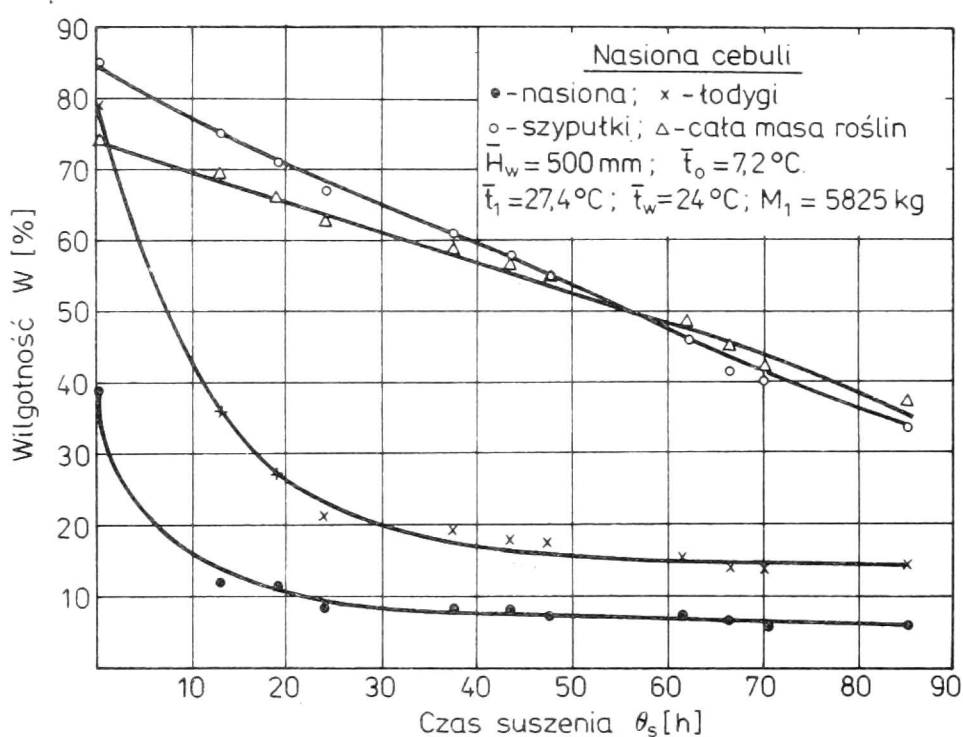
Rys. 6. a) Schemat suszarki podłogowo-rusztowej: 1 - podgrzewacz powietrza, 2 - wentylator osiowy, 3 - kanał główny, 4 - segmenty rusztowe, b) Schemat suszarki podłogowo-kanalowej: 1 - podgrzewacz powietrza, 2 - wentylator osiowy, 3 - kanał główny, 4 - segmenty rusztowe

Wielokrotne badania przebiegu suszenia nasion cebuli w masie roślinnej wskazują, że optymalna grubość warstwy powinna wynosić 400-600 mm przy obciążeniu powierzchni suszącej masą roślinną od 60-100 kg/m².

Z uwagi na wysokie wilgotności początkowe nasion ok. 45-55% i masy roślinnej ok. 70-80% należy stosować suszenie etapowe. Na początku suszenia temperatura czynnika suszącego nie powinna prze-

kraczać 28-30°C. Po ok. 30 godzinach suszenia należy stopniowo podwyższać temperaturę czynnika suszącego do ok. 35°C przy końcu suszenia (całkowity czas suszenia ok. 80-100 godzin).

Za optymalną wartość pozornej prędkości przepływu czynnika suszącego należy przyjąć prędkość 0,1 m/s.

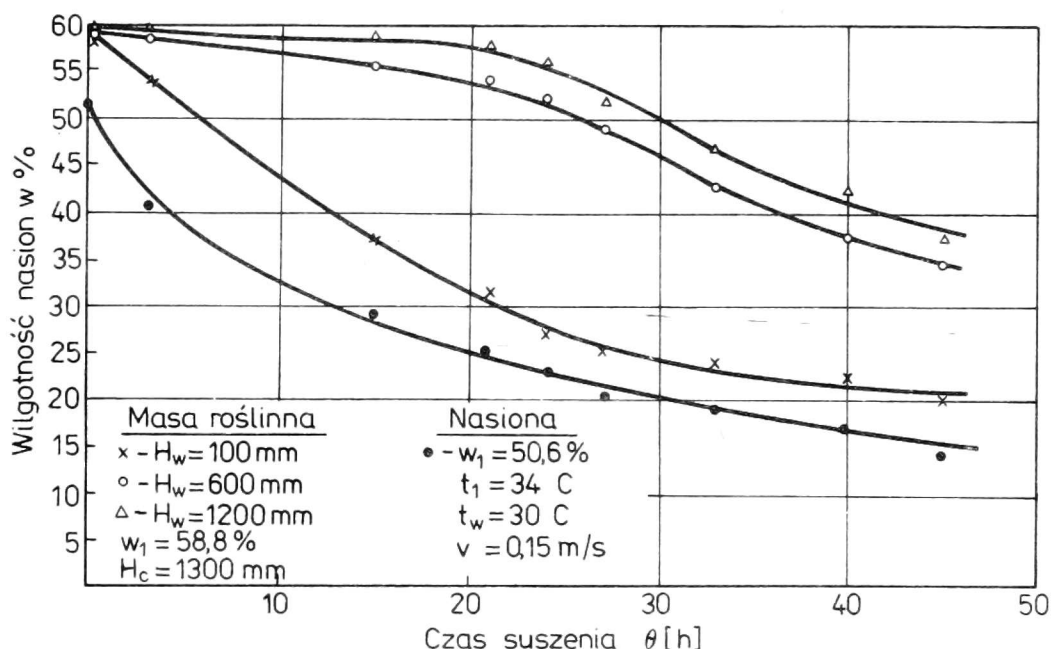


Rys. 7. Przebieg suszenia poszczególnych części nasionków cebuli suszonej na suszarce podłogowo-rusztowej

Nasiona roślin strączkowych w masie roślinnej, np. groch, fasola suszy się w podobnych typach suszarek w podobnych zakresach temperatur, natomiast grubość warstwy jest kilkakrotnie wyższa niż podczas suszenia nasion cebuli i wynosi od 2000-4000 mm. Nasiona w masie roślinnej powinny być suszone do wilgotności 18-19%, gdyż w tym zakresie wilgotności występują najniższe uszkodzenia nasion. Obciążenie powierzchni suszącej masą roślinną powinno wynosić od 130-260 kg/m², średnio 200 kg/m². Przy takim obciążeniu na powierzchni suszarki 100 m² można wysuszyć nasiona grochu z powierzchni od 2-4 ha.

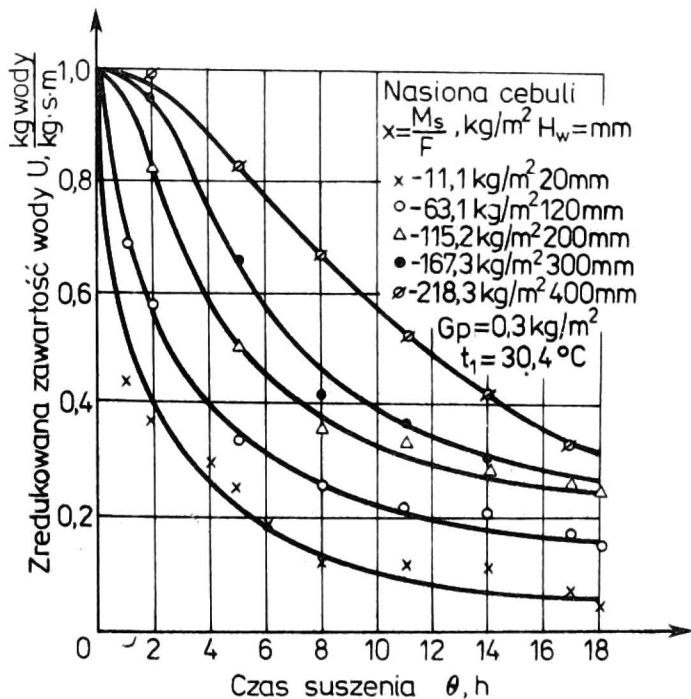
Metoda suszenia sztucznego nasion strączkowych w masie roślinnej pozwala na maksymalne uniknięcie strat ilościowych i jakościowych (ok. 5%) wynoszących podczas suszenia na pokosach do 30-40% i wyżej przy niesprzyjającej pogodzie.

Na wykresie rysunku 8 pokazano przebieg suszenia nasion pietruszki w masie roślinnej na trzech poziomach warstwy o grubości 1300 mm oraz przebieg suszenia nasion (wydzielonych z masy roślinnej) o wartościach średnich dla całej warstwy. Czas suszenia na-



Rys. 8. Przebieg suszenia nasion pietruszki w masie roślinnej na trzech poziomach warstwy

sion do wilgotności 14% wynosił 45 godzin. Obciążenie powierzchni suszącej powinno wynosić $90-100$ kg/m^2 przy zalecanej grubości warstwy do 2,5 m.



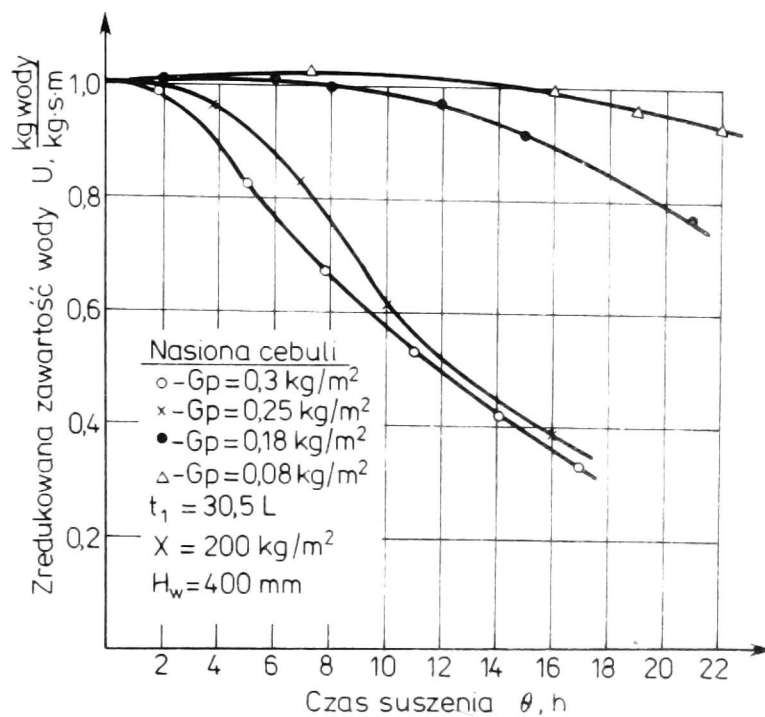
Rys. 9. Wpływ obciążenia powierzchni nasion cebuli na przebieg suszenia

W porównaniu do suszenia naturalnego na polu, w snopach i kopcach stosując suszenie sztuczne unika się dużych strat ilościowych w granicach 50% (obsypywanie się nasion na polu w czasie zbierania snopów, załadunku i transportu).

Po omłocie nasiona powinny być dosuszone do wilgotności wymaganej do okresowego przechowywania. Nasiona dosusza się luzem na suszarkach komorowo-sitowych lub w workach na suszarkach podłogowo-kanałowych, względnie na specjalnych suszarkach umożliwiających suszenie nasion w workach.

Na wykresie rysunku 9 pokazano wyniki badań wpływu obciążenia powierzchni nasion cebuli na przebieg suszenia, a na wykresie rysunku 10 wyniki badań wpływu natężenia przepływu powietrza na przebieg suszenia.

Z przeprowadzonych badań wynika, że optymalna wartość natężenia przepływu powietrza powinna wynosić $G_p = 0,3 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$, przy



Rys. 10. Wpływ natężenia przepływu powietrza na przebieg suszenia obciążeniu powierzchni suszącej 200 kg/m^2 (wysokość warstwy 400 mm). Podobnie jak w czasie suszenia nasion w masie roślinnej należy stosować zmienne w czasie temperatury suszenia od 30°C do 40°C .

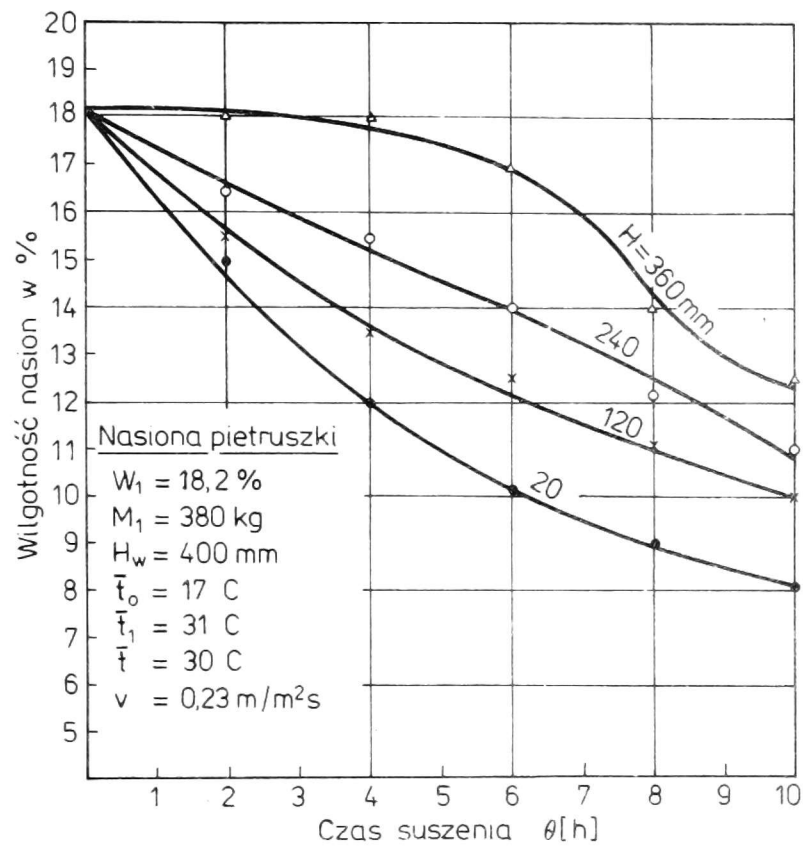
Suszenie nasion roślin strączkowych po omłocie zalicza się do zabiegów trudnych w porównaniu do suszenia innych rodzajów nasion. Nasiona roślin strączkowych są bowiem bardzo nieodporne na uszkodzenia mechaniczne, jak też na działanie temperatury czynnika suszącego. Jak stwierdzają badania procesów suszenia na wzrost uszkodzeń ma również wpływ nadmierny wzrost prędkości przepływu czynnika suszącego, nawet w niskich temperaturach rzędu $25\text{--}30^\circ\text{C}$.

Najlepsze wyniki suszenia nasion roślin strączkowych uzyskuje się stosując prędkości przepływu czynnika suszącego w granicach $0,05\text{--}0,08 \text{ m/s}$ susząc nasiona w warstwie o grubości do 400 mm w zmiennych temperaturach od $25\text{--}35^\circ\text{C}$.

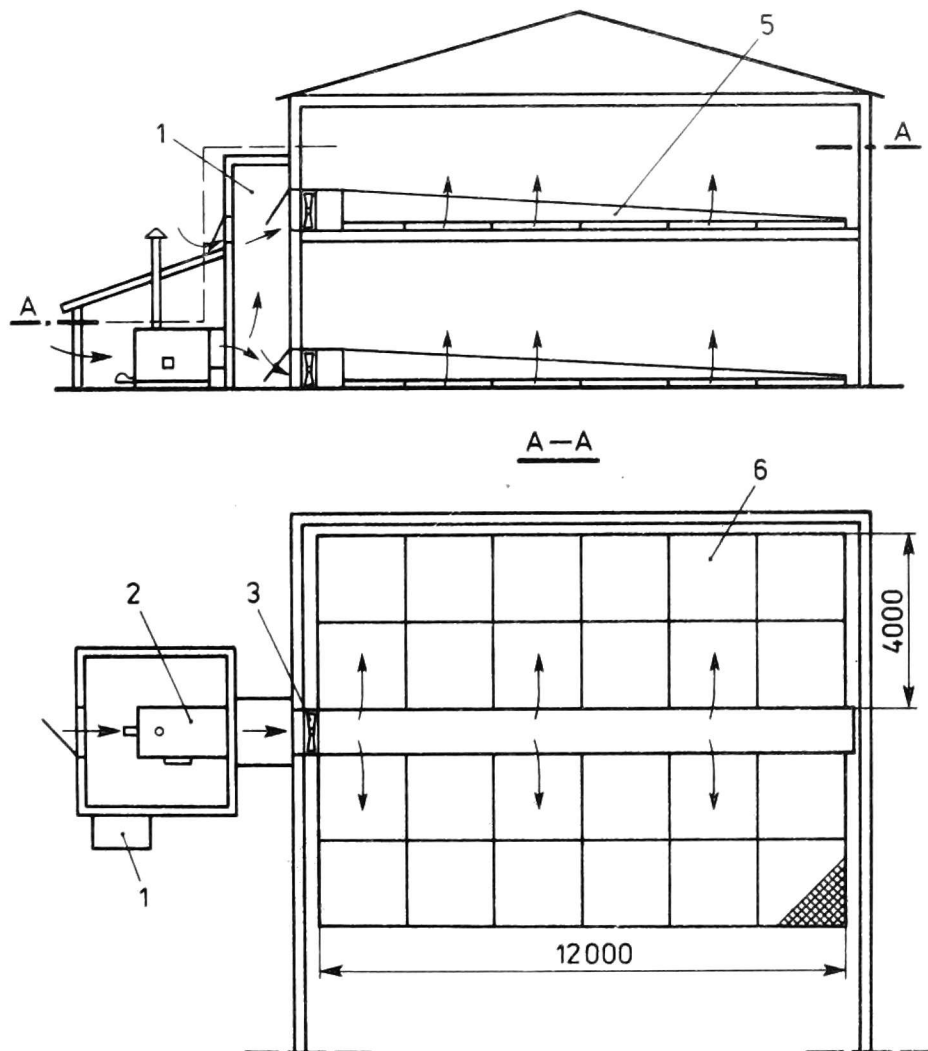
Uszkodzenia nasion, takie jak pęknięcie nasion i pęknięcie okrywy nasiennej można ograniczyć z ok. $10\text{--}15\%$ do ok. $3\text{--}5\%$ stosując suszenie tzw. powietrzem dowilżonym (ok. 50% wilgotności względnej) lub częściową recyrkulacją czynnika suszącego (w granicach 50%), albo też suszenie z przerwami (30 minut suszenia, 30 minut wyłączone źródło ciepła).

Warunki suszenia niektórych nasion warzyw

Rodzaj nasion	Wilgotność		Maksymalna do- puszczal- na tempe- ratura powietrza suszącego	Grubość warstwy	Obciążenie powierzchni suszącej wilgotną masą	Pozorna pręd- kość przepły- wu czynnika suszącego
	począ- tkowa	końcowa				
	w ₁ %	w ₂ %	t _p C	H _w m	$x = \frac{M_1}{F}$ kg/m ²	v _p m/s
Kapusta w nasiennikach	35-45	8-9	35	1-1,5	40-60	0,1
Kapusta po omłocie	25-30	8-9	35	0,4	120-150	0,1-0,2
Rzodkiew w nasien.	35-45	8-9	35	1-1,5	40-60	0,1
Rzodkiew po omłocie	25-30	8-9	35	0,3-0,4	180-250	0,1-0,2
Pietruszka w nasien.	40-50	9-10	35	1-1,5	40-60	0,1
Pietruszka po omłocie	20-25	9-10	35	0,2-0,3	80-150	0,1-0,2
Cebula, pory w nasien- nikach	45-55	12-15	35	0,4-0,5	70-100	0,1
Cebula, pory po omłocie	12-15	7-10	35	0,2-0,3	120-180	0,1-0,2
Ogórki	15-25	9,0	30	0,1-0,2	40-80	0,1-0,2
Groch, fasola w nasien.	35-45	18-19	30	2,5-3,0	120-180	0,1
Groch, fasola po omłocie	18-19	14-16	30	0,3-0,4	200-300	0,1



Rys. 11. Przebieg suszenia nasion pietruszki na czterech poziomach warstwy o grubości 400 mm



Rys. 12. Sposób instalowania suszarki podłogowo-rusztowej: 1 - zbiornik paliwa, 2 - podgrzewacz powietrza, 3 - wentylator R-1000, 4 - kanał rozdzielczy, 5 - kanał główny suszarki, 6 - segment rusztu suszarki

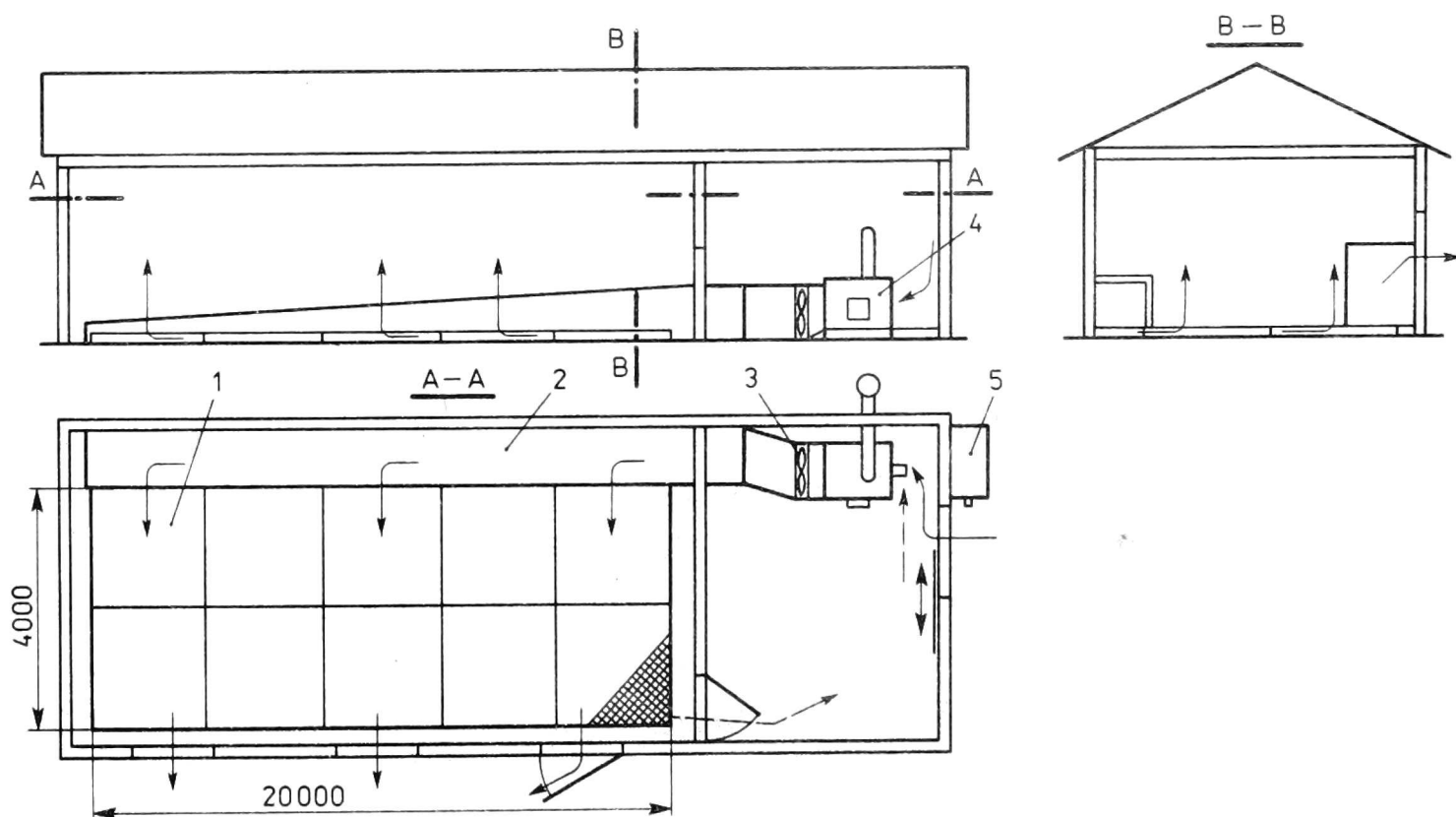
Na wykresie rysunku 11 przedstawiono przebieg suszenia nasion pietruszki na czterech poziomach warstwy o grubości 400 mm.

Jak widać z przebiegu krzywych rozkład wilgotności w warstwie po 10 godzinach jest zróżnicowany. Różnica pomiędzy dolną i górną warstwą wynosi 4,6%.

Nasiona pietruszki suszone były w suszarce sitowo-komorowej. Ten typ suszarki jest bardzo przydatny do suszenia nasion, jednakże z uwagi na nierównomierność suszenia nasion w warstwie wymaga stosowania 2-3-krotnego mieszania nasion w trakcie suszenia.

W tabeli 2 przedstawiono warunki suszenia niektórych nasion warzyw suszonych w masie roślinnej przed omłotem oraz po omłocie.

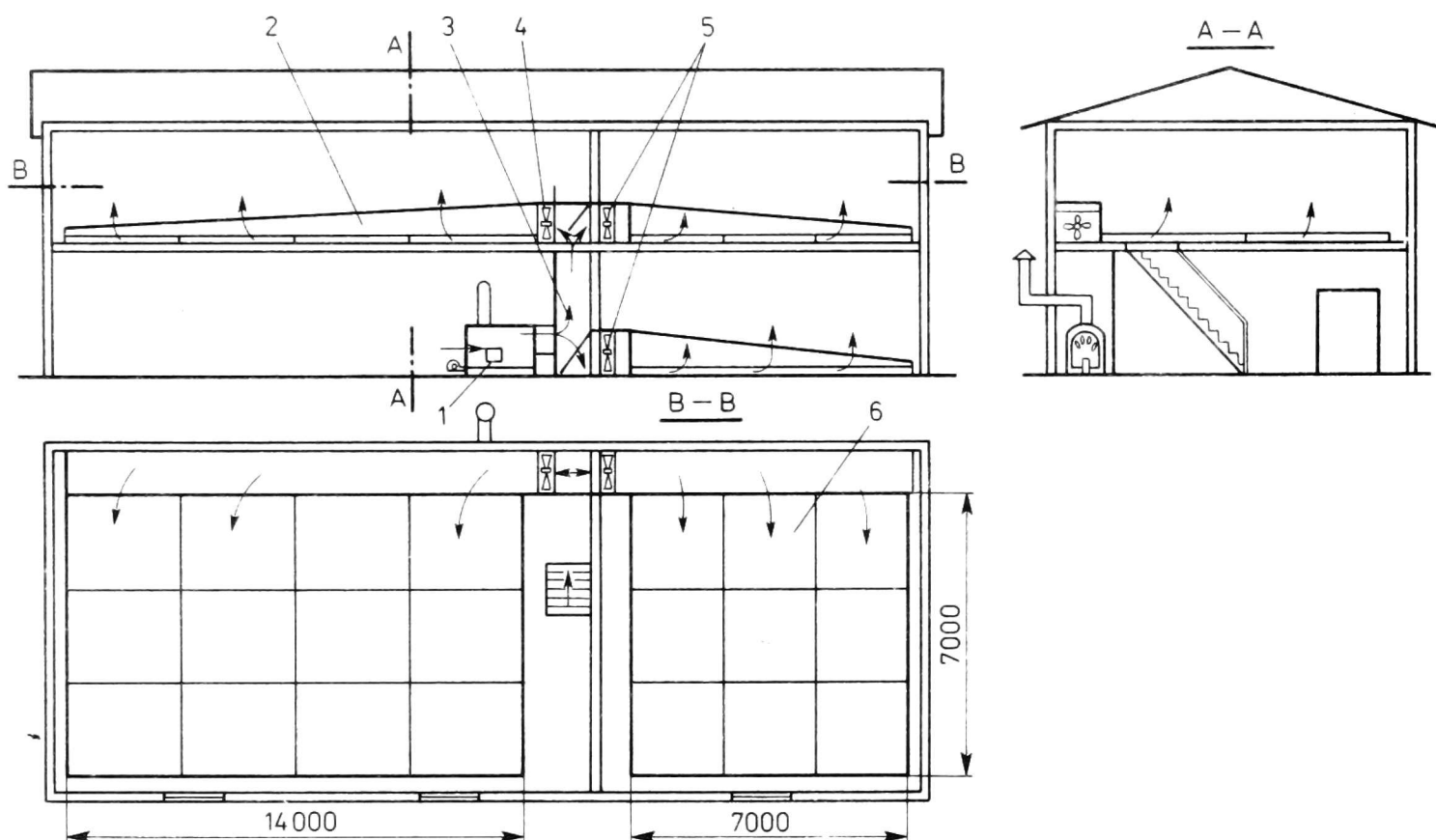
Suszenie nasion warzyw wymaga bardzo dokładnej kontroli przebiegu suszenia. Szczególną uwagę należy zwrócić na dobór temperatury czynnika suszącego, grubość warstwy i prędkości przepływu



Rys. 13. Sposób instalowania suszarki podłogowo-rusztowej z zastosowaniem recyrkulacji powietrza: 1 - segmenty rusztowe suszarki, 2 - kanał suszarki, 3 - wentylator osiowy R-1000 S, 4 - podgrzewacz powietrza, 5 - zbiornik paliwa; — powietrze zimne lub podgrzane, - - - - - powietrze zimne lub podgrzane w układzie recyrkulacji

czynnika w zależności od rodzaju nasion i ich wilgotności. Podczas suszenia należy kontrolować temperaturę czynnika suszącego, temperaturę w warstwie nasion oraz wilgotność nasion. Suszarki nasion instalowane są u producentów w budynkach gospodarczych,

takich jak stodoły, poddasza obór i wiaty. Na schematach rys. 12, 13, 14 pokazano przykładowo sposoby instalowania suszarek podłogowo-rusztowych i suszarek podłogowo-kanalowych w budynkach. Przy



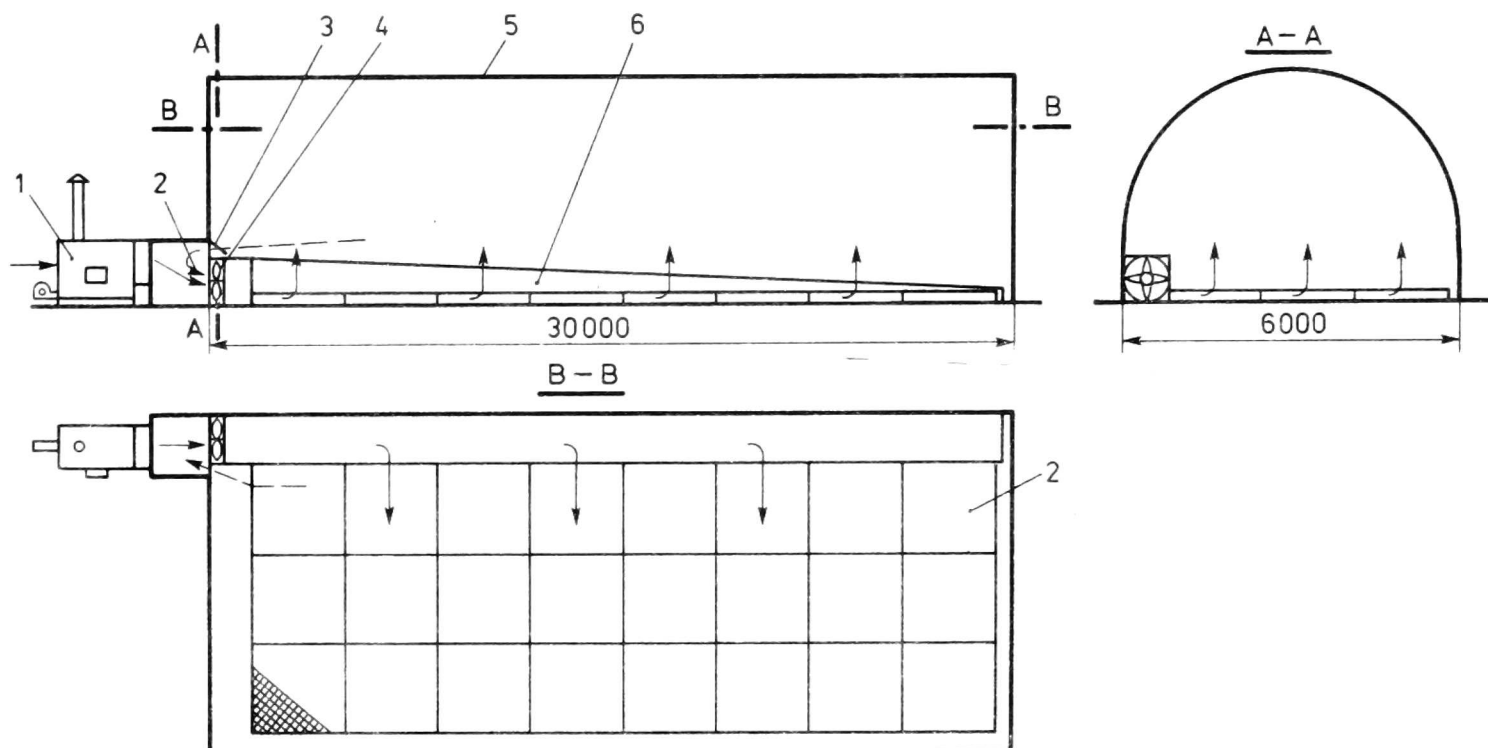
Rys. 14. Sposób instalowania suszarki podłogowo-kanalowej: 1 - podgrzewacz powietrza, 2 - kanał suszarki, 3 - kanał rozdzielczy, 4 - wentylator R-1000, 5 - wentylator R-700, 6 - segment rusztowy suszarki

braku odpowiedniego pomieszczenia można w tym celu wykorzystać tunel foliowy do produkcji warzyw o wymiarach 6 x 30 m. Rozwiązanie takie pokazano na rysunku 15. Jeżeli pozwalają warunki pomieszczeń celowym jest zastosowanie recyrkulacji powietrza (rys. 13 i 15) co umożliwia lepsze suszenie nasion roślin strączkowych, jak też pozwala na zmniejszenie zużycia paliwa o ok. 10-20%.

WNIOSKI

1. Koniecznym jest doskonalenie techniki i technologii suszenia nasion warzyw poprzez badania procesów suszenia, jak też i cech termofizycznych nasion.

2. Koniecznym jest prowadzenie dalszych prac badawczo-konstrukcyjnych nad doskonaleniem istniejących suszarek nasion oraz opracowaniem nowych rozwiązań.



Rys. 15. Wykorzystanie tunelu foliowego do produkcji warzyw:
 1 - podgrzewacz powietrza, 2 - komora mieszania, 3 - przesłona regulacyjna powietrza w systemie recyrkulacji, 4 - wentylator R-1000,
 5 - tunel z folii, 6 - kanał suszarki, 7 - segmenty rusztowe;
 ——— powietrze zimne lub podgrzane, - - - - - powietrze zimne lub podgrzane w układzie recyrkulacji

3. Należy wdrożyć do produkcji opracowane w IBMER rozwiązanie suszarek nasion oraz podgrzewacza powietrza o wydajności cieplnej 58 kW na paliwo stałe z wymiennikiem ciepła, oraz podjąć prace nad opracowaniem podgrzewacza o wydajności cieplnej 120-130 kW.

Ян Пабиc

ТЕХНОЛОГИЯ СУШЕНИЯ ОВОЩНЫХ СЕМЯН

Р е з ю м е

В исчислениях процесса конвекционного сушения семян, сушеных в тонком и толстом недвижном слое, может быть использована математическая модель быстроты сушения, а тоже математическая модель изменении средней температуры семян в слое. Математическая модель быстроты сушения описана уравнением диффузии воды, а модель изменении средней температуры построена на основе теплового баланса во время сушения. В объёме технологии сушения семян овощей представлено в работе примеры процессов сушения семян лука, петрушки

и стручковых семян, подбор параметров и условия сушения, а также примеры оборудования и употребления сушилок.

Jan Pabis

TECHNOLOGY OF VEGETABLE SEED DRYING

S u m m a r y

For calculations of convective drying process of seeds in thin and deep beds a mathematical model of drying effectivity (speed of drying and average temperature of seeds in the layer) can be employed. Speed of drying is described by the equation of water diffusion in seeds, while the average temperature of seeds can be evaluated from the thermal balance for described model of the process. Examples of drying process of onion seeds, parsley and leguminous crop seeds are presented in the paper and technological parameters of this process are given in details.