

ZBIGNIEW CZERKOZakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin

Ubytki naturalne ziemniaków w zależności od dawki wentylacyjnej i rodzaju systemu wentylacji

Natural losses of potatoes depending on the used ventilation dose and kind of ventilation system

W doświadczeniu porównano 3 systemy wentylacyjne stosowane w przechowalniach do składowania luzem z niską ($25 \text{ m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$) i wysoką ($120 \text{ m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$) dawką wentylacyjną oraz w przechowalni do składowania w paletach skrzyniowych z dawką $120 \text{ m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$. Przechowalnia do składowania w paletach skrzyniowych posiada opływowy system wietrzenia. Porównywano następujące parametry techniczne: średni dobowy czas wietrzenia, wydajność wentylatorów, ilość przepływającego powietrza w sezonie na 1 tonę ziemniaków oraz zużycie energii. Oceniano ubytki naturalne odmiany Triada w badanych przechowalniach. Największe ubytki wystąpiły w przechowalni paletowej i wynosiły 10,1%. Z dwóch przechowalni do składowania luzem większe ubytki (7,7%) były w przechowalni o niższej dawce wentylacyjnej.

Słowa kluczowe: dawka wentylacyjna, ubytki naturalne, przechowalnia, ziemniak

Three ventilation systems were compared in loose and pallet box storages of potato. Low ventilation dose in the pile storage ($25 \text{ m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$) and high ventilation dose in the pallet box ($120 \text{ m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$) and pile storages were tested. The pallet box storage had a flow-around ventilation system. The following technical parameters were compared: average time of ventilation per day, capacity of ventilation, amount of air flowed through potatoes during the season and energy expenditures. Natural losses of the variety Triada in 3 potato storages were assessed. The highest natural losses were recorded in the pallet box storage (10.1%). In the pile storage, higher natural losses (7.7%) has been were stated at the low ventilation dose.

Key words: natural losses, potato, storage, ventilation dose

WSTĘP

Ubytki naturalne powstające podczas przechowywania bulw zależą głównie od odmiany i warunków przechowywania. Wśród warunków przechowywania najistotniejsze są: temperatura, wilgotność, a także intensywność prowadzonej wentylacji.

W Polsce istniejące przechowalnie i aktualnie budowane można podzielić na dwie grupy, pod względem sposobu składowania i sposób wentylacji: o składowaniu luzem i w paletach skrzyniowych. Przy składowaniu luzem stosowana jest wentylacja przepływowa, gdzie powietrze przepływa od dołu do góry wokół wszystkich bulw a przy składowaniu w paletach skrzyniowych w systemie opływowym powietrze opływa wokół palety skrzyniowej, a wymiana gazów w środku palety odbywa się częściowo metodą grawitacyjną oraz częściowo mechaniczną. Intensywność wymiany powietrza zależy od dawki wentylacyjnej i czasu trwania wentylacji. Sposób składowania i wielkość dawki wentylacyjnej mają duży wpływ na straty przechowalnicze a szczególnie na poziom ubytków naturalnych.

Celem badań było porównanie systemów wentylacji i ubytków naturalnych w trzech różnych typach przechowalni.

MATERIAŁ I METODY

Do analizy wykorzystano 3 typy przechowalni charakteryzujące się różnymi systemami wentylacji: system wentylacji przepływowej stosowany przy składowaniu ziemniaków luzem o wysokiej ($120 \text{ m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$) i niskiej ($25 \text{ m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$) dawce wentylacyjnej oraz system opływowy przy składowaniu w paletach skrzyniowych o dawce $120 \text{ m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$. W celu oceny parametrów systemów wentylacyjnych w badanych przechowalniach mierzono następujące parametry: wydajność wentylatorów, ilość godzin wentylacji w sezonie, równomierność rozkładu powietrza w przymie, zużycie energii. Wyliczono ilość przepływającego powietrza w sezonie na tonę przechowywanych ziemniaków traktując ten parametr jako podstawowy, który wpływa bezpośrednio na ubytki naturalne.

Do oceny ubytków naturalnych założono próby odmiany Triada ($4 \times 10 \text{ kg}$) w górnej warstwie przechowywanych ziemniaków w 3 badanych przechowalniach. Do prób pobrano ziemniaki z tej samej partii, zdrowe, nieuszkodzone. W przechowalniach utrzymywano jednakowy mikroklimat, temperaturę 8°C (odpowiednia dla przetwórstwa) oraz wilgotność względną na poziomie 90–92% w przestrzeni przechowalni. Stałą temperaturę w badanych przechowalniach utrzymywały automatyczne sterowniki wykorzystując powietrze zewnętrzne o 2°C niższe od temperatury ziemniaków.

Utrzymanie jednakowych warunków w przechowalniach umożliwiało ponadto usytuowanie badanych przechowalni w tej samej strefie klimatycznej, w odległości między sobą do 50 km. Po 7 miesiącach przechowywania wyliczono podstawowe parametry systemu wentylacji (średni dobowy czas wietrzenia, wydajność wentylatorów, ilość przepływającego powietrza w całym sezonie na 1 tonę ziemniaków oraz jednostkowe zużycie energii) i oceniono ubytki naturalne

WYNIKI I DYSKUSJA

Celem wietrzenia jest odprowadzenie ciepła z przymy ziemniaków przy jak najmniejszych ubytkach naturalnych. Odprowadzenie ciepła z przechowalni można osiągnąć stosując duże dawki wentylacyjne $120 \text{ m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$ oraz małe $25 \text{ m}^3/\text{t}\cdot\text{h}$. Jednak przy

małych dawkach czas wentylacji jest dłuższy. Na intensywność odparowania wody z bulwy większy wpływ ma czas wentylacji niż prędkość przepływającego wokół bulwy powietrza. Analizę fizyczną tego zjawiska przeprowadził Rastovski (1981) i wykazał, że tylko do określonej prędkości (0,01 m/s) jest znaczący wpływ prędkości przepływającego powietrza na ubytki. Przy większych prędkościach ($> 0,01$ m/s) ten wpływ jest mały. W związku z tym duże dawki wentylacyjne stosowane w przechowalni są korzystniejsze, gdyż powodują mniejsze ubytki naturalne.

Czas trwania wentylacji ma istotne znaczenie na poziom ubytków naturalnych, gdyż każda wentylacja zakłóca stan równowagowej wilgotności, który wytwarza się w pryzmie. Podczas wietrzenia powietrzem zewnętrznym wilgotność w pryzmie obniża się. Konsekwencją dłuższego czasu wietrzenia są zwiększone ubytki naturalne (Cargill, 1976; Hesen, 1979).

Pojęcie warunków termiczno-wilgotnościowych w przechowalni wymaga większego omówienia. Większość autorów pisząc o temperaturze i wilgotności w przechowalni podaje temperaturę ziemniaków oraz wilgotność w przestrzeni przechowalni. W przechowalni o składowaniu w paletach jest to wilgotność powietrza między paletami lub nad paletami. W przechowalni o składowaniu luzem wilgotność powietrza mierzona jest nad pryzmą ziemniaków. Jednak czynnikiem wpływającym na wielkość ubytków naturalnych jest przede wszystkim niedosyt prężności pary wodnej powietrza bezpośrednio opływającego bulwy w fazie wietrzenia oraz czas oddziaływania tych warunków na ziemniaki. Warunki termiczno-wilgotnościowe osiągnięte przez rozptył powietrza w przestrzeni przechowalni zależą od rozwiązania systemu wentylacyjnego.

Przy składowaniu w paletach skrzyniowych istnieje ograniczony ruch powietrza w środku palety szczególnie, jeżeli palety napełnione są ziemniakami niesortowanymi (Czerko, 1994). Natomiast podczas przechowywania w paletach ziemniaków jadalnych (duże, wyrównane bulwy) ubytki naturalne nie są mocno zróżnicowane. W pracy (Czerko, 2000) ubytki w dolnej części palety wynosiły 7,6%, w części środkowej 6,9%, a w górnej 7,1%, przy $NIR = 0,9$ różnice nie były istotne. Z tego można wyciągnąć wniosek, że także w środku palety wystąpił przepływ powietrza i warunki przechowywania były dosyć wyrównane.

W przechowalni o składowaniu luzem powietrze przepływając od dołu do góry przez pryzmę ziemniaków zmienia swój stan termiczno-wilgotnościowy, osiągając na wylocie z górnej warstwy pryzmy niski niedosyt prężności pary wodnej. Przy pomiarze wilgotności w przestrzeni nad pryzmą otrzymujemy wysoką wilgotność a faktycznie osiągnięte jest to kosztem odebranej wody z ziemniaków. Ubytki naturalne wzrastają także od dolnego do górnego poziomu, przy czym już na wysokości powyżej 1 m są bardzo wyrównane. Do porównania różnych przechowalni umieszczenie prób w górnej warstwie pryzmy i w wierzchniej warstwie palety skrzyniowej daje ogólny obraz, przy czym należy zdawać sprawę, że występuje zróżnicowanie ubytków w przestrzeni przechowalni charakterystyczne dla danego systemu wentylacyjnego, wysokości składowania, typu palety skrzyniowej oraz jakości składowanych ziemniaków.

Porównując parametry eksploatacyjne dwóch badanych przechowalni (typ B i C, tab. 1) o składowaniu ziemniaków luzem zauważa się, że czas pracy systemu wentylacji

w przechowalni B wynosił 13,7 godzin na dobę, natomiast w przechowalni C był prawie 6-krotnie niższy i wynosił 2,3 godziny na dobę. Wydłużenie czasu wietrzenia było odwrotnie proporcjonalne do wielkości dawki wentylacyjnej. Mimo wysokiej dawki wentylacyjnej w przechowalni C ilość przepływającego powietrza przez ziemniaki była niższa niż w przechowalni typu B i wynosiła odpowiednio: typ C — 58000 i typ B — 72000 m³/t w całym sezonie przechowalniczym. Istotnie wyższa ilość powietrza przepłynęła przez ziemniaki o składowaniu w paletach skrzyniowych (typ A — 186000 m³/t-sezon). Duża ilość przepływającego powietrza w sezonie jest charakterystyczną cechą przechowalni z systemem wentylacji opływowej, w której duża część przepływającego powietrza nie bierze udziału w wymianie ciepła, przepływając „na pusto” przez przestrzeń przechowalni.

Tabela 1

Porównanie parametrów techniczno-eksploatacyjnych badanych przechowalni
Technical parameters of the experimental storage

Typ przechowalni Type of storage	Wysokość składowania Height of pile	Wielkość komory (sekcji) (t) Capacity of section	Dawka wentylacyjna (m ³ /t-h) Ventilation dose	Średni dobowy czas wietrzenia (h/doba) Time of ventilation per day (hours)	Ilość przepływające go powietrza przez ziemniaki w sezonie (m ³ /t) Amount of air (m ³) in season	Zużycie energii w sezonie kWh/t Expenditures of energy
A Składowanie w paletach Pallet box	900 kg	800	120	6,2	186000	12,8
B Składowanie luzem — niska dawka Pile storage — low ventilation dose	5,0	9000	25	13,7	72000	19,3
C Składowanie luzem — wysoka dawka Pile storage — high ventilation dose	4,5	900	120	2,3	58000	5,3

W praktyce w ostatnich latach przechowalnie przeznaczone dla przetwórstwa budowane są z założenia o wysokiej dawce wentylacyjnej, co wpływa na zmniejszenie ubytków naturalnych, a także przyczynia się do szybkiego osuszenia ziemniaków natychmiast po napełnieniu przechowalni.

Ważnym czynnikiem charakteryzującym system wentylacji jest także zużycie energii elektrycznej w sezonie. Najniższy nakład energii na wentylację na tonę ziemniaków w sezonie przechowalniczym był w przechowalni typu C (składowanie luzem — wysoka dawka), a najwyższy w przechowalni typu B (składowanie luzem — niska dawka) odpowiednio 5,3 i 19,3 kWh/t w sezonie przechowalniczym.

Przy wyborze typu przechowalni dla ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa można porównać dwa typy A i C o składowaniu luzem i w paletach o jednakowo wysokiej dawce wentylacyjnej. Składowanie w paletach skrzyniowych wymaga ponad 2-krotnie większego nakładu energii na wentylację niż przy składowaniu luzem (odpowiednio 12,8 i 5,3 kWh/t w sezonie). Ponadto z innych badań (Czerko, 2002) wynika, że całkowite

nakłady energii na przechowywanie ziemniaków w paletach są o 41% wyższe niż w przechowalni luzem.

Porównując poziom ubytków naturalnych (tab. 2) można zauważyć, że największe ubytki naturalne wystąpiły w przechowalni o składowaniu w paletach skrzyniowych 10,1%. Niższe ubytki były w obu przechowalniach o składowaniu luzem, przy czym w przechowalni o wyższej dawce wentylacyjnej ubytki wynosiły 5,5%, a w przechowalni o niższej dawce wentylacyjnej 7,7%.

Tabela 2

Ubytki naturalne w zależności od intensywności wietrzenia
Natural losses depending on intensity of ventilation

Typ przechowalni Type of storage	Ubytki naturalne (%) Natural losses (%)	Ilość przepływającego powietrza przez ziemniaki w sezonie (m ³ /t-sezon) Amount of air flowed through potatoes in season (m ³ /t-season)
A Składowanie w paletach Pallet box	10,1	186000
B Składowanie luzem — niska dawka Pile storage — low of ventilation dose	7,7	72000
C Składowanie luzem — wysoka dawka Pile storage — high of ventilation dose	5,5	58000
NIR _{0,05}	0,7	
LSD _{0,05}		

Biorąc pod uwagę, że temperatura przechowywania oraz parametry powietrza zewnętrznego pobieranego przez system wentylacji były na tym samym poziomie to rozwiązanie techniczne systemu wentylacyjnego a szczególnie intensywność wymiany powietrza była głównym czynnikiem różnicującym poziom ubytków naturalnych w badanych przechowalniach.

Zmniejszenie czasu wietrzenia w przechowalni możliwe jest przez budowanie systemów wentylacyjnych o wysokiej dawce wentylacyjnej oraz przechowywanie ziemniaków w niższej temperaturze, w której wydzielane jest mniejsze ciepło oddychania. Ziemniaki dla przetwórstwa wymagają jednak wysokiej temperatury 8°C, gdyż w niższej temperaturze gromadzą za dużo cukrów i dopiero wyhodowanie odmian ziemniaka, które będą mogły być przechowywane w niższej temperaturze znacznie obniży ciepło oddychania a tym samym wymaganą intensywność wietrzenia. Ilość godzin wietrzenia może być również ograniczona przez właściwe wykorzystanie warunków atmosferycznych do utrzymania mikroklimatu w przechowalni. Ręczne sterowanie systemem wentylacji powinno być zastępowane przez programowane sterowniki (Mikucki, 1994; Leppack, 1995).

W przechowalni paletowej ubytki za 7 miesięcy wyniosły 10,1% i były istotnie wyższe niż w obu przechowalniach o składowaniu luzem. Należy wziąć pod uwagę to, że jednak w przechowalniach paletowych zróżnicowanie ubytków w przestrzeni komory jest większe niż w przechowalniach luzem, a zależy to od tak wielu czynników, że wręcz można mówić o indywidualnej charakterystyce danej przechowalni. Dlatego też należy liczyć się z tym,

że ubytki wyliczone dla całej przechowalni paletowej uwzględniające ubytki w całej przestrzeni przechowalni mogą być trochę niższe.

WNIOSKI

1. Systemy wentylacji w badanych przechowalniach różniły się nakładem energii elektrycznej na wietrzenie w sezonie przechowalniczym. Nakłady wynosiły 19,3 kWh/t w przechowalni o składowaniu luzem z niską dawką wentylacyjną, 12,8 kWh/t w przechowalni paletowej i 5,3 kWh/t w przechowalni o składowaniu luzem z wysoką dawką wentylacyjną.
2. Utrzymanie temperatury na poziomie 8°C w przechowalni o składowaniu w paletach skrzyniowych wymagało 3-krotnie większej intensywności wietrzenia niż w przechowalni o składowaniu luzem o tej samej dawce wentylacyjnej
3. Przechowalnia o składowaniu luzem posiadająca niższą dawkę wentylacyjną wymagała 6-krotnie dłuższego dobowego czasu wietrzenia oraz zwiększonego o 24% przepływu powietrza w sezonie przechowalniczym
4. Poziom ubytków naturalnych zależał od intensywności wietrzenia. W przechowalni paletowej o intensywności 186000 m³/t-sezon, ubytki wyniosły 10,1%, w przechowalni o składowaniu luzem przy niskiej dawce i intensywności wietrzenia 72000 m³/t-sezon ubytki wyniosły 7,7%, a w przechowalni o składowaniu luzem przy wysokiej dawce i najniższej intensywności wietrzenia (58000 m³/t-sezon) ubytki wyniosły 5,5%.

LITERATURA

- Cargill B. F. 1976. The ventilation system concepts. Design, Construction, Handling and Environmental Control. Michigan: 259 — 279.
- Czerko Z. 1994. Ocena systemów wentylacji stosowanych w przechowalniach ziemniaków. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 416: 249 — 255.
- Czerko Z. 2000. Ocena systemu wentylacyjnego opływowego górnego w przechowalni ziemniaków. Biul. IHAR 213: 275 — 283.
- Czerko Z. 2002. Efektywność energetyczna różnych metod przechowywania ziemniaka. Roczn. Nauk Rol., seria G: 126 — 135.
- Hesen J. C. 1979. Aufbewahrung von Pflanzkartoffeln JBVL Wageningen, Publikation, 319A.
- Mikucki K. 1994. Mechatroniczne podstawy projektowania systemów automatyzacji dla przechowalni ziemniaków. IBMER, Warszawa.
- Leppack E. 1995. Typentabelle der Geräte zur Belüftungstenerung, Kartoffelbau, 46, IG, (3): 109 — 115
- Rastovski A., Es van A. 1981. Storage of potatoes. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.