

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОМИСЛОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

*М. Я. Кирпа, доктор сільськогосподарських наук
Інститут сільського господарства степової зони НААН України*

Вивчено склад зернової маси та вплив основних факторів – вологості, температури, доступу кисню до зерна в процесі зберігання. Встановлено ефективність та промислове значення різних технологій зберігання сухої зернової маси у стаціонарних зерносковищах та полімерних зернових рукавах, а вологості – за рахунок зберігання-консервування. У стаціонарних сковищах рекомендовано зберігати будь-яке зерно, у полімерних рукавах – продовольчо-кормового призначення, шляхом консервування – зерно для кормових і технічних цілей.

Ключові слова: зернова маса, технології зберігання, ефективність і практичне значення.

У зв'язку зі збільшенням обсягів виробництва зерна в Україні постає проблема щодо надійності його зберігання. На фоні поступового зростання обсягів валового виробництва продукції основних зернових, зернобобових і олійних культур потужність сертифікованих зерносковищ для одночасного зберігання зерна нині коливається в межах 27–30 млн т, тобто становить 50–60 % від загальної потреби. За оцінками різних експертів, при зберіганні зерновиробниками запасів зерна на базі власного господарства його втрати становлять 8–10 % від зібраного врожаю. Тому необхідно сприяти подальшому розвитку системи зберігання зернової продукції: будувати новітні зерносковища і впроваджувати ефективні технології, що відповідають сучасному науково-технічному рівню, а також особливостям зберігання зерна кожної культури зокрема. Такі напрямки розвитку мають базуватися на врахуванні наукових принципів і закономірностей зберігання зерна, проте на практиці вони нерідко порушуються, особливо при механічному впровадженні зарубіжного досвіду, технологій і технічного оснащення у вітчизняне зерновиробництво.

Метою роботи було проаналізувати основні технології зберігання зерна, встановити їх ефективність і промислове значення залежно від напрямку використання і наукових основ попередження втрат зернової продукції.

Методика роботи базувалася на аналізі фундаментальних робіт щодо зберігання зернопродукції, а також на результатах власних досліджень, способів, режимів та впливу різного типу обладнання на якість і тривалість періоду зберігання зерна сільськогосподарських культур [1–7].

Визначаючи принципи зберігання зерна, необхідно насамперед встановити структуру зернової маси. Як показує аналіз, це суміш різних компонентів, більшість з яких живі об'єкти з властивими їм фізіологічними функціями, а саме: зерно основної культури, яке дозріває і дихає, мікроорганізми, кліщі, комахи, наслідком життєдіяльності яких є зігрівання, проростання, пліснявіння, забруднення і пошкодження зерна, а також зерно бур'янів, рештки стебел, листя, суцвіть основної культури та інших рослин (табл. 1). До того ж зернова маса містить різні мінеральні домішки (дрібненькі камінці, землю, пісок) та повітря, що в цілому негативно впливає на стан і якість основного зерна. За фізико-хімічними показниками (газовим складом, температурою, відносною вологістю, барометричним тиском) повітря в міжзернових прошарках значно відрізняється від повітря в навколишньому середовищі. Як правило, воно має вищу температуру і відносну вологість, більший вміст діоксиду вуглецю, але в умовах охолодження чи герметизації зернової маси його показники можуть змінюватись.

Так, слід зазначити, що при встановленні режимів зберігання зернової маси в першу чергу необхідно враховувати її структурний склад. Виходячи з впливу різних компонентів, режими зберігання мають зводити до мінімуму фізіологічні процеси власне зернової маси, життєдіяльність шкідників та розвиток мікофлори. Зерно необхідно зберігати у сухому стані, піддавати охолодженню або герметизації з врахуванням його призначення (табл. 2).

1. Характеристика зернової маси при зберіганні

Компонент	Фактор впливу
Зерно основної культури	Життєдіяльність зерна: - післязбиральне дозрівання - дихання - проростання
Мікроорганізми	Життєдіяльність мікроорганізмів: - пліснявіння зерна - зігрівання зерна
Кліщі та комахи	Життєдіяльність комах і кліщів: - забруднення зерна - пошкодження зерна
Домішки (зернова, смітна)	Посилення життєдіяльності зерна, мікроорганізмів, комах, кліщів
Повітря між твердими тілами, складовими зернової маси	Параметри повітря: - газовий склад - температура - барометричний тиск - відносна вологість

2. Характеристика основних режимів зберігання зернової маси

Режим зберігання (принцип)	Характеристика режиму	
	фактор	параметри фактора
Сухий стан (ксероанабіоз)	Вологість, %	13–15 % – хлібні злаки 12–14 % – кукурудза, просо, сорго 14–16 % – зернобобові культури 7–9 % – олійні культури
Охолодження (термоанабіоз)	Температура, °C	0 °C і нижче – довгострокове зберігання 0–5 °C – тривале зберігання 5–10 °C – короткочасне зберігання
Герметизація (аноксианабіоз)	Вміст O ₂ , %	3–5 % – модифіковане середовище 1–3 % – контрольоване середовище

Сухого стану досягають шляхом ксероанабіозу, тобто доведенням зерна до такої вологості, коли припиняються або значно уповільнюються фізіологічні процеси живих компонентів зернової маси, а саме – процес дихання. При цьому вологість має бути значно нижчою від критичного рівня, встановленого для зерна кожної окремо взятої культури.

Охолодження базується на принципі термоанабіозу і основне його спрямування – це пригнічення життєдіяльності тих компонентів зернової маси, що залежать безпосередньо від температури – мікроорганізми, комахи, кліщі. Так, при температурі 15 °C знижується активність комах; 10 °C – більшість з них впадає в стан спокою; 5 °C – уповільнюється розвиток цвілі; 0 °C – можлива загибель більшості видів комах. Позитивна дія температури залежить і від вологості зернової маси: по мірі зниження вологості зерна її вплив посилюється.

В основі герметизації лежить принцип аноксианабіозу, тобто створення такого газового середовища, в якому вміст кисню знижується, натомість кількість діоксиду вуглецю підвищується. Отримати такі умови можливо як природним, так і штучним шляхом. У першому випадку газовий склад набуває змін за рахунок аеробного і анаеробного дихання, як результат – маємо так зване модифіковане газове середовище з вмістом O₂ на рівні 3–5 %. В іншому випадку сховища примусово заповнюються діоксидом вуглецю або іншим інертним газом, вміст O₂ не повинен перевищувати 1–3 %. В обох випадках зернова маса має бути повністю або частково в герметичних умовах. При герметизації зерна з підвищеною вологістю має місце його самоконсервування за рахунок накопичення природних органічних консервантів – етилового спирту, молочної кислоти, різних ефірів тощо. В умовах герметизації,

практично, повністю призупиняється життєдіяльність мікроорганізмів, виключається можливість розвитку комах і кліщів, які поступово гинуть.

Щоб якісні показники зернопродукції зазнавали менших змін, доцільно поєднувати різні режими зберігання. Наприклад, сухе насіння можна охолоджувати, зберігати в герметичних сховищах, це значно підвищує його стійкість і подовжує тривалість зберігання.

Не менш важливу роль, ніж режими, відіграють способи зберігання зернової маси. Зерно зберігають переважно насипом, оскільки цей спосіб має ряд суттєвих техніко-економічних переваг, але посівний матеріал краще тримати в тарі, щоб мати високу сортову і фізичну чистоту та належний рівень передпосівної підготовки (протруєння, фасування на посівні норми тощо) (табл. 3).

3. Характеристика основних способів зберігання зернової маси

Спосіб	Умови	Місце зберігання	Тривалість
Насипом	У закритих	Склад, силос, бункер	Без обмежень
	У відкритих	Майданчик, бунт	Тимчасове
В тарі	У закритих	Склад	Без обмежень
	У відкритих	Бунт, контейнер	Тривале

Зерно зберігають як у закритих, так і у відкритих умовах. В першому випадку – це в складах, силосах, бункерах. За таких умов оброблену зернову масу можливо зберігати тривалий час. Відкриті умови підходять для свіжозібраного зерна на стадіях післязбиральної доробки; зернову масу розміщують на майданчиках насипом чи у вигляді бунтів для тимчасового зберігання. Кормове зерно можливо зберігати більш тривалий час у бунтах, контейнерах, вкритих поліетиленовою плівкою.

Тривалість зберігання залежить від стану і призначення зерна (табл. 4): тимчасове – до 30 діб, протягом цього періоду свіжозібране зерно має бути оброблене і доведене до норм готової продукції. Тривалий час (понад 30 діб) зберігають зерно, призначене на переробку, або на експорт. Резервні, страхові фонди та всі інші зернові запаси потребують довгострокового зберігання, тобто більше одного року.

4. Зберігання зернової маси залежно від стану і призначення

Період	Призначення	Тривалість
Тимчасовий	Розміщення і доробка свіжозібраного зерна	До 30 діб
Тривалий	Концентрація партій зерна	Більше 30 діб
Довгостроковий	Резервні і страхові фонди, запаси	Більше 1 року

Отже, виходячи з наукових принципів зберігання зернової маси, можна виділити наступні базові технології, які найбільш придатні для промислового використання: зберігання зерна у сухому стані; в умовах герметизації; за рахунок консервування. Ефективність вказаних технологій слід оцінювати за показниками тривалості та надійності збереження якості зерна, рівнем енерго- і ресурсовитрат.

Найчастіше сухе зерно різних культур, незалежно від напрямків його використання, зберігають у стаціонарних сховищах (табл. 5). Як показує аналіз, ефективність великою мірою залежить від способу зберігання і типу зерносховища.

Так, виходячи з переваг і недоліків, склад наземний найбільш ефективна споруда як для зберігання зерна, яке легко травмується, так і насіння. Зерно в такому сховищі можна зберігати як насипом, так і в тарі, таких умов потребує і посівний матеріал. Висота насипу в складі не повинна перевищувати 5 м, оскільки є можливість ретельно стежити за якістю продукції.

Силос-башта бетонний – ефективне сховище для тривалого зберігання насипом великих партій зерна. Основна перевага такого способу – стабільний режим, відсутність впливу зовнішніх умов, але є і недолік – подрібнення зерна під час завантаження башти.

5. Технологія зберігання сухого зерна в стаціонарних сховищах

- *призначення* – для продовольчих, кормових, насінневих цілей;
- *режим* – за рахунок зниження вологості на 1–3 % від критичного рівня;
- *спосіб* – насипом, в тарі;
- *порівняльна характеристика різних зерносховищ*:

Зерносховище	Перевага	Недолік
Склад наземний	- Стабільний режим зберігання - Мінімальне подрібнення зерна - Можливість зберігання насипом і в тарі	- Незадовільний рівень механізації - Низький коефіцієнт використання території
Силос-башта бетонний	- Стабільний режим зберігання - Механізація перезавантаження - Надійність конструкції	- Подрібнення зерна при перезавантаженні - Складність обслуговування і контролю за якістю
Силос-башта металевий	- Високий рівень будівництва і експлуатації - Механізація перезавантаження - Широкий типорозмірний ряд	- Нестабільний режим зберігання - Подрібнення зерна при перезавантаженні - Регулярний догляд за металевими конструкціями

Силос-башта металевий належить до нового покоління зерносховищ, в першу чергу – підходить для тимчасового зберігання і концентрації партій зерна різного об'єму. Основною перевагою є швидкість будівництва методом монтажу готових вузлів, недоліком – подрібнення зерна і залежність від погодних умов.

В цілому технологія зберігання у сухому стані є досить енерго- і ресурсовитратною, але вона надійна, оскільки забезпечує високу якість зерна, тому вважається базовою.

Один з напрямків здешевлення технології – зберігання сухого зерна у полімерних рукавах (табл. 6). Суть технології полягає в тому, що сухе зерно завантажують в поліетиленові мішки, які по мірі заповнення розтягуються, їх складають на майданчику у формі рукава. Завантажені зерном мішки герметично закривають, через деякий час склад повітря в них набуває певних змін, що веде до самоконсервування зернової маси.

Для впровадження такої технології в першу чергу необхідно облаштувати майданчик для розміщення полімерних зернових рукавів (ПЗР). Порядок підготовки майданчика і розміщення партій зерна на ньому регламентовано Інструкцією щодо технології зберігання зерна в ПЗР (Наказ Мінагрополітики № 10 від 04.02.2011 р.).

Враховуючи переваги і недоліки технології, її застосування є найбільш ефективним при збільшених об'ємах заготівлі зерна, заповнених стаціонарних сховищах для тимчасового зберігання врожаю. Тому на сучасному етапі таку технологію можливо розглядати як перехідну на період будівництва і нарощування потужностей стаціонарних сховищ. За такою технологією не слід зберігати насіння навіть протягом короткого часу. ПЗР краще впроваджувати в умовах хлібоприймального підприємства або елеватора, тобто там, де існує регулярний контроль за станом і якістю зерна.

Особливе місце серед технологій посідає зберігання-консервування вологого зерна різних культур (табл. 7) для кормових цілей, в першу чергу – кукурудзи, оскільки можливо досягти найкращих економічних результатів. За такої технології відсутня потреба в сушінні зернової маси, значно зменшені капітальні витрати та енерговитрати, а при одержанні кормової продукції немає відходів. Технологія має спрощену схему і включає операції, які виконуються в потоці: збирання зерна з вологістю 20–35 % (качанів 35–45 %); транспортування зерна (качанів) до місця консервування; негайне подрібнення на частки розміром 2–4 мм із вмістом не менше 80 % від загального обсягу партії; завантаження у сховище з ущільненням подрібненої маси до 0,8–1,0 т/м³; герметизація насипу поліетиленовою плівкою та вкриття верхнього шару. Для консервування-зберігання використовують сховища, які можуть забезпечити герметичні умови (башти металеві, траншеї заглибленого та напівзаглибленого типу тощо). При дотриманні всіх умов консервування зерно майже на поступається за якістю і по-

живністю зерну сухому, вміст кормових одиниць становить 1,10–1,20 та 1,20–1,30 відповідно у перерахунку на 1 кг корму.

6. Технологія зберігання сухого зерна в полімерних рукавах

- *призначення* – зерно у сухому стані для продовольчих і кормових цілей;
- *режим* – за рахунок герметизації з частковим самоконсервуванням;
- *спосіб* – насипом;
- *порівняльна характеристика із зерносховищем стаціонарним:*

Перевага	Недолік
- Можливість ситуативного зберігання врожаю	- Дотримання рівномірної вологості зерна у рукаві, бажано в межах 12–13 %
- Відсутність потреби в капітальних зерносховищах	- Вплив зовнішнього середовища та різних температурних коливань
- Здешевлення відносно разового зберігання	- Низька механічна міцність рукава
	- Потреба у спеціальній техніці для заповнення-розвантаження
	- Регулярний контроль за станом зерна в рукаві, ручна термометрія
	- Здороження відносно об'єму і терміну експлуатації стаціонарного сховища

7. Технологія зберігання-консервування вологого зерна

- *призначення* – для кормових цілей (кукурудза з вологістю 20–35 %);
- *режим* – за рахунок герметизації і самоконсервування;
- *спосіб зберігання* – насипом;
- *порівняльна характеристика з технологією зберігання у сухому стані:*

Перевага	Недолік
- Енергозбереження, економія палива та електроенергії	- Звужене застосування – лише на кормові цілі
- Санітарна чистота продукції, відсутність негативного впливу на середовище	- Втрата продукції через гідроліз речовин та дихання на стадії зберігання
- Низькі капітальні витрати на будівництво сховищ і оснащення	- Нестійкість продукції на стадії споживання і транспортування

У цілому, орієнтуючись на відновлення кормової бази тваринництва і птахівництва за рахунок кукурудзи, технологія зберігання-консервування має промислове значення і перспективу з метою отримання дешевого і якісного кормового зерна. Таким чином можливо зберігати зерно технічного призначення, зокрема для виробництва біоетанолу, де зерно має бути зволеним для посилення ферментації.

Висновки. З'ясовано особливості сучасних промислових технологій зберігання зерна залежно від його стану і напрямку використання. Основними факторами, від яких залежить стан зернової маси, є вологість, температура і доступ кисню до зерна. Встановлено, що на стійкість і якість зерна суттєво впливають механічні та смітні домішки, мікроорганізми, комахи, кліщі, повітря.

Сухе зерно доцільно зберігати в стаціонарних зерносховищах. До того ж ефективність такого зберігання можливо поліпшити за рахунок охолодження і герметизації. Зберігання у полімерних рукавах має ситуативне значення для продовольчо-кормового зерна у разі заповнення стаціонарних сховищ. Зберігання-консервування є перспективним для зерна кормового, особливо кукурудзи, а також зерна технічного призначення, оскільки можливо забезпечити високий рівень енерго- та ресурсозбереження.

Бібліографічний список

1. *Трисвятский Л. А.* Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов / *Трисвятский Л. А., Лесик Б. В., Курдина В. А.* – М.: Колос, 1991.
2. Хранение зерна / Пер. с англ. *В. И. Дашевского* [и др.]; Под ред. и с предисл. *Н. П. Козьминой*. – М.: Колос, 1975. – 424 с.
3. Хранение зерна и зерновых продуктов / Пер. с англ. *В. И. Дашевского, Г. А. Закладного*; Предисл. *Л. А. Трисвятского*. – М.: Колос, 1978. – 472 с.
4. *Боуманс Г.* Эффективная обработка и хранение зерна / *Г. Боуманс*; Пер. с англ. *В. И. Дашевского*. – М.: Агропромиздат, 1991. – 608 с.
5. *Кирпа Н. Я.* Хранение зерна и факторы его долговечности / *Н. Я. Кирпа* // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск, 2008. – № 3 (105). – С. 31–33.
6. *Кирпа М. Я.* Зберігання зерна в металевих сховищах / *М. Я. Кирпа* // Вісн. Дніпропетровського держ. аграр. ун-ту. – Дніпропетровськ, 2008. – № 1. – С. 23–26.
7. *Кирпа М. Я.* Зберігання зерна – стан і перспектива розвитку в зв'язку зі збільшенням обсягів виробництва зерна в Україні / *М. Я. Кирпа* // Бюл. Ін-ту сіл. госп-ва НААН України. – Дніпропетровськ, 2011. – № 1. – С. 9–14.