

УДК 631.2 : 631.9

Федорів В.М.¹*канд. техн. наук, доцент кафедри харчових технологій
виробництва й стандартизації харчової продукції**E-mail : fedoriv55@ukr.net***Підлісний В.В.¹***канд. техн. наук, доцент кафедри харчових технологій
виробництва й стандартизації харчової продукції**E-mail : v.pidlisnyj37@gmail.com***Семенов О.М.¹***канд. техн. наук, доцент кафедри харчових технологій
виробництва й стандартизації харчової продукції**E-mail : setolmu@gmail.com*¹*Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна*

ОБГРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ЯКІСТЬ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВОЇ МАСИ

Анотація

Дослідження присвячене аналізу впливу фізіологічних процесів на термін зберігання високоякісного зерна, визначення його господарської довговічності і життєздатності. Дослідження спирається на оцінку зниження вологості і температури зерна, які є основними факторами, що впливають на довговічність зерна при тривалому зберіганні, підвищенні технологічної якості зерна та життєздатності посівного матеріалу під час його зберігання. Експериментальні дослідження проводились протягом 2018-2020 років у науково-дослідному центрі «Поділля», і передбачали визначення хімічного складу і процесів, які протікають у зерновій масі та істотно впливають на терміни його зберігання. Дослідженнями встановлено, що на технологічні якості зерна під час його зберігання впливають не тільки способи і режими сушіння, а й фракційний склад, інтенсивність дихання і гідроліз речовини. Виходячи з одержаних результатів можна стверджувати, що на якість зерна при кінцевому зберіганні впливають процеси зниження вмісту цукру в зерні та підвищення кислотного числа.

***Ключові слова:** зерно ; вологість ; температура ; схожість ; зерносховище.*

Вступ. Зберігання зерна - не менш важлива операція, ніж його вирощування. На роботи, пов'язані з підготовкою зерна до зберігання і, власне, зберігання, витрачається 40-70% енергоресурсів (паливо, електроенергія) від загальної потреби.

Зберігання повинно бути таким, щоб не допустити втрат продукції і погіршення її якості. Даний процес має і економічний механізм, а саме: протягом певного періоду ринкова вартість зерна, як водиться, росте, тому формується і додатковий прибуток.

За оцінками експертів потенціал сільського господарства України використовують на 30%, тому в умовах економічної кризи агропромислові виробники будуть прагнути до максимального розширення посівних площ найбільш рентабельних культур і зниження витрат на їх вирощування. До найбільш рентабельних культур в останні роки відносяться зернові культури, соняшник, ріпак, соя та ін. [2, 3].

Агроформування можуть реально виробляти більше 100 млн. тон зерна. Тільки тут маленьке "але". Виробляти можливо, і можуть, а що потім з виробленим зерном робити? Так, при нинішніх врожаях зерна до 63 млн. тон (на 40 млн. тон менше від потужностей) немає куди подіти до 30 млн. тон, яке зберігають на "несертифікованих зерносховищах", - це евфемізм "під відкритим небом" [5, 6].

Слід також мати на увазі, що існуючі технології більш притаманні для методу "поле-тік-елеватор", що не відповідає вимогам і виробничим умовам ринкової економіки тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підготовка зерна до зберігання - це своєчасне збирання врожаю при оптимальній вологості, його очищення від домішок, сортування та просушування. Свіже зерно зберігають окремо від зерна минулих років, насіннєве - окремо від продовольчого та фуражного.

Зерно з різною вологістю слід складувати окремо [1, 2, 3, 4, 5]:

- сухе (до 14%);
- середньої вологості (14,1-15,5%);
- вологе (15,6-17%);
- сире (17,1-19%).

Змішування зерна різної вологості в одну партію може спричинити самозігріванню і створити сприятливі умови для розвитку шкідників та збудників цвілі.

Для профілактики кількості шкідників істотне значення має вологість зерна, тому потрібно його просувати до вологості 13%, а під час підготовки до тривалого зберігання - на 1,0-1,5% нижче [6].

Вирощування зернових культур є досить складний, трудомісткий і витратний процес. Також зібране зерно піддається знищенню комахами, кліщами, гризунами, птахами тощо. Щорічно при зберіганні зерна завдяки комірним шкідникам втрачається від 5 до 30% і більше зібраного зерна [5].

При вмілому поєднанні профілактичних та запобіжних заходів, можливо зменшити втрати зерна. Основою зберігання зерна є підготовка складських приміщень та інвентарю до прийому нового врожаю, так як комірних шкідників в полі немає. Є тільки дві причини появи в зерносховищі шкідників зерна: перша - вони були в приміщенні; друга - вони були завезені разом з зерном. Для того, щоб виключити другу причину, необхідно ретельно перевіряти завезене зерно перед засинанням у комори. А, щоб не допустити першої причини, комори повинні бути ретельно очищені від зернових відходів, сміття та ін. Сховища провітрюють, просушують, замазують щілини, вікна, перевіряють і ремонтують дах, проводять знезаражування розчином хлорного вапна і хімічну дегазацію.

Якщо, дегазацію проводять способом фумігації (газом), сховища повинні бути ретельно герметизовані. Інакше газ вийде назовні, а шкідники залишаться живими [1, 6].

Якість зерна, яке призначене для виробництва продуктів харчування і кормових сумішей залежить саме від цих біологічних складових. У зерновій масі при порушенні режимів зберігання активно проходять фізіолого-біохімічні та мікробіологічні процеси, властиві тільки живим організмам. До них відносяться: дихання, пліснявіння, самозігрівання і, як наслідок, забруднення мікотоксинами; зараженість і забрудненість зерна продуктами життєдіяльності шкідників хлібних запасів; післязбиральної дозрівання і старіння зерна.

Інтенсивність цих процесів залежить від: початкової якості зерна; різноякісності зерна по вологості, температури і засміченості; відносної вологості, температури і складу навколишнього повітря та повітря міжзернового простору; цілісності зернівки; теплофізичної характеристики конструкції зерносховищ [1, 3, 5].

В Україні виробляють більше 10 млн. тонн зерна пшениці. Основна маса зерна має продовольче призначення, і використовують його протягом 12-15 місяців. Страхові насінневі фонди і зерно резервів (технічне, продовольче) зберігають більше двох років [2, 4].

З появою нових форм власності значна маса зерна залишається у вигляді регіональних, комерційних і господарських ресурсів у виробників. Виробники зерна не поспішають відразу після збору врожаю продавати своє зерно, вичікують вищих цін, шукають вигідного покупця. Іноді це розтягується на місяці, а в деяких випадках і на роки.

Запаси зерна, які знаходяться на елеваторах, хлібоприймальних підприємствах і в господарствах, можуть зберігатися тривалий час у вигляді продовольчого резерву, насінневого страхового фонду, не реалізованих перехідних залишків. Їх термін зберігання буває різним в залежності від призначення і якості зерна, а також попиту на нього. Крім того, зберігання залежить від властивостей самої культури, її довговічності [2].

Період, протягом якого зерно і насіння зберігає свої споживчі якості (посівні, технологічні, продовольчі), називають довговічністю. Розрізняють довговічність біологічну, господарську і технологічну.

Біологічна довговічність зерна і насіння означає проміжок часу, протягом якого хоча б поодинокі насінини зберігають здатність до проростання. Особливе значення для практики має господарська довговічність зерна і насіння, тобто період зберігання, протягом якого їх схожість залишається кондиційною і відповідає вимогам державного нормування.

Технологічна довговічність - це термін зберігання товарних партій зерна, протягом якого вони не втрачають своїх якостей для використання у харчових, фуражних та технічних потребах. Технологічні властивості зерна зберігаються довше, ніж насінні.

За біологічної довговічності насіння всі рослини діляться на мікро-, мезо- і макробіотики. Перші зберігають схожість від кількох днів до 3 років, другі - від 3 до 15 років, треті - від 15 до 100 років. Насіння більшості сільськогосподарських рослин відноситься до мезобіотиків і зберігає схожість за сприятливих умов протягом 5-10 років.

Знання біологічної довговічності різних культур становить великий інтерес з наукової точки зору, так як дозволяє досліджувати поступові зміни життя клітин. Знання господарської та технологічної довговічності необхідно для своєчасного оновлення державних насінневих та продовольчих фондів.

До числа фізіолого-біохімічних процесів, які проходять безпосередньо в самому зерні також відноситься післязбиральне дозрівання, яке спостерігається в перші три місяці зберігання. При дотриманні сприятливих умов зберігання (низька відносна вологість повітря - 75%, насичення міжзернового простору киснем, позитивна температура) післязбиральне дозрівання супроводжується синтезом високомолекулярних запасних речовин (білки, вуглеводи, жири), які поліпшують поживні властивості зерна [4, 6].

При тривалому зберіганні зерна у сухому стані, особливо при високих температурах (25°C і вище) спостерігається його старіння. Для основних зернових культур гранично допустимий термін зберігання при початковій вологості не більше 13% становить від 4 до 6 років.

Фахівцям, які займаються зберіганням зерна, необхідно чітко уявляти фізичні властивості зерна, на яких базуються технологічні прийоми, що застосовуються для забезпечення стійкості зберігання, поліпшення його якості, попередження кількісно-якісних втрат. До них відносяться такі фізичні властивості зерна та зернової маси:

сорбційні в тому числі гігроскопічні властивості зерна; теплофізичні властивості зерна та зернової маси (теплоємність, теплопровідність, термо- та вологодифузія, термостійкість зерна); гранулометричний склад; фізико-механічні властивості; морфолого-анатомічна будова зерна; стан його поверхні; сипучість; схожість та самосортування.

Однак, довговічність має досить змінні властивості і в значній мірі залежить від комплексу факторів: погодно-кліматичних умов і агротехніки вирощування зерна; технології збору врожаю; післязбиральної обробки і зберігання зерна. Існують також індивідуальні сортові відмінності в межах самої культури, виходячи з чого, різні сорти або гібриди проявляють не адекватну стійкість при зберіганні. З цієї причини, стає зрозумілим відсутність науково обґрунтованих нормативів на зберігання зерна в залежності від його призначення, якості та тривалості зберігання [3, 4, 5].

Проблема повинна вирішуватися за двома напрямками:

- до першого відноситься застосування таких способів і режимів, які забезпечують тривале зберігання зерна;

- до другого відноситься його спеціальна підготовка на різних стадіях за допомогою технологічних прийомів очищення, сортування, сушіння.

Отже, проблема зберігання зернової маси та його довговічність існує постійно. Вона пов'язана з необхідними або вимушеними запасами, їх використанням, переробкою і якістю продукції, що визначає актуальність та **мету дійсної статті**.

Методологія дослідження. Експериментальні дослідження проводились протягом 2018-2020 років у навчально-науковому центрі "Поділля", і передбачали аналіз та виявлення змін товарних, технологічних і посівних якостей зерна при тривалому зберіганні його в умовах зерносховища.

Перш ніж привести будь-які дані, які мають практичний інтерес, відразу обмовимося, що визначальне значення в цих термінах має початкова якість насіння, умови їх зберігання, вологість і температура. Безумовно, низька вологість насіння - одне з визначальних умов їх тривалого зберігання. Не менш важливе значення має температура зберігання і газообмін.

Кращими умовами зберігання можна вважати вологість насіння на 2-3% нижче критичної, постійну відносну вологість повітря не вище 70% і низькі температури зберігання (0-5°C).

Так, як при зберіганні у виробничих умовах, насіння піддається впливу коливань температури і вологості повітря, то експериментальні дані по довговічності насіння, що зберігалися в лабораторних умовах, не можна переносити у виробничі умови.

Результати дослідження. Аналіз даних показав, що погодно-кліматичні умови і місце вирощування в значній мірі впливають на рівень життєздатності зерна при зберіганні. При цьому найбільш значим був вплив гідротермічного фактора, який домінував у період вегетації рослин, формування та дозрівання зерна.

Так схожість зерна кукурудзи, як основний показник її життєздатності, підвищувався з року в рік зі значенням гідротермічного коефіцієнта 0,69-0,84 в період вегетації і 0,32-0,61 в період дозрівання до фази повної стиглості. Таке зерно відрізнялося підвищеною життєздатністю і господарською довговічністю при зберіганні в порівнянні з урожаєм, отриманим при значенні гідротермічного коефіцієнта вище 1.

З групи технологічних прийомів післязбиральної обробки на життєздатність зерна в найбільшій мірі мали значення процесів: сушіння, очищення, сортування і калібрування. Також встановлено, що способи і режими сушіння по різному впливають на посівні і технологічні якості зерна під час його зберігання.

При м'яких теплових режимах сушіння і вентилявання отримали зерно вищої якості з більш тривалим зберіганням. Після підвищення температури і швидкого сушіння

життєздатність зерна, особливо насіннєвого, до зберігання знижувалася. Наприклад, зниження схожості насіння складало спочатку 4-6%, а після трьох років зберігання 8-14%.

В результаті очищення і калібрування отримали фракції зерна з різним гранулометричним складом, життєздатністю і якістю при зберіганні.

До більш життєздатних відносяться I-III фракції, в яких до закінчення терміну зберігання була вища схожість насіння на 8-10% в порівнянні із зерном IV фракції.

Хімічний склад і фізіологічний процес, який протікає в зерновій масі, пояснюється різною життєздатністю фракцій. Встановлено, що зерно дрібної IV фракції при зберіганні відрізнялося підвищеною інтенсивністю дихання і гідролізом літальних речовин. В результаті таких процесів до закінчення терміну зберігання у дрібного зерна знижувався вміст цукру на 11,4-21,6%, а кислотне число підвищувався в 1,1-1,3 рази [3, 4, 6].

Додатковим прийомом підвищення життєздатності та якості фракцій було їх сортування за питомою вагою.

За рахунок такого обробітку відділялося легковагове зерно, що не стійке при зберіганні, тому в цілому схожість після нього підвищувалася на 4-6%. Вологість і температура зерна при зберіганні відносяться до основних факторів, які продовжують його довговічність, тому встановлено, що при низькій вологості зерна господарська довговічність тривала до трьох років.

Сталість цього показника відбувалася за рахунок стабільного сухого стану зернівки, зупинки в ній процесу сорбції або десорбції водяної пари, які ведуть, як правило, до швидкої втрати якості зерна.

Так, при відкритому зберіганні вологість зерна складала 10-14%. При таких умовах життєздатність зерна на рівні господарської довговічності проходила протягом трьох років.

Висновки і перспективи. Спостереження засвідчили, що теоретичні і практичні основи подальшого зберігання зерна перш за все ґрунтуються на врахуванні науково обґрунтованих сівозмін, сортів, технологію вирощування та збирання врожаю, очищення і, власне, саме зберігання.

Крім того на технологічні якості зерна під час його зберігання впливають не тільки способи і режими сушіння, а й фракційний склад, інтенсивність дихання і гідроліз речовини.

Виходячи з одержаних результатів можна стверджувати, що на якість зерна при кінцевому зберіганні впливають процеси зниження вмісту цукру в зерні та підвищення кислотного числа.

Список використаних джерел

1. Кирпа Н.Я. Зберігання зерна і фактори його довговічності. *Зберігання та переробка зерна*. 2008. № 3. С. 31-33.
2. Кінаш І.А. Показники ефективності використання складових ресурсного потенціалу в умовах переробного підприємства. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2015. № 14. С. 68-71.
3. Ковальов О.В., Федорів В.М. Просіювання сипких матеріалів. *Харчова і переробна промисловість*. 2004. № 5. С. 24-25.
4. Криворотько В.М., Соколенко А.І., Семенов О.М. Замкнені контури енергокористування в харчових технологіях. *Харчова промисловість*. 2013. № 14. С. 163-166.
5. Палилюцько Н.И, Подлесный В.В., Ткач О.В., Сосновский С.И. Обоснование влияния факторов на срок хранения зерна. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. № 5. С. 54-57.
6. Підлісний В.В., Варфоломєєв А.І., Соколенко А.І. Фізико-хімічні явища в масообміні при зволоженні зерна. *Харчова і переробна промисловість*. 2008. № 1. С. 18-19.

7. Підлісний В.В. Визначення теплотехнічного параметрів кондиціонування повітря. *Зберігання та переробка зерна*. 2012. № 9. С. 45-47.
8. Скалецька Л.Ф., Савчук Н.Т., Носіковський В.А. Вплив режимів і тривалості зберігання зерна озимої пшениці сорту Київська 8 на її якість. *Агроном*. 2008. № 4. С. 92-95.
9. Хомовий С.М., Томілова Н.О., Хомовий М.М. Інформаційне забезпечення якості продовольчих товарів в Україні. *Економіка та управління АПК*. 2017. № 2. С. 46-55.
10. Yeremenko, O., Kalenska, S., Kiurchev, S., Rud, A., Chynchuk, O., Semenov, O. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) productivity under the effect of plant growth regulator in the conditions of insufficient moisture. *Scientific achievements in agricultural engineering, agronomy and veterinary medicine polish ukrainian cooperation: scientific monograph*. 2017. № 1. С. 196-217.

Дата надходження статті до редакції: 11.08.2020
1 рецензування 20.10.2020 Прийняття в друк: 22.12.2020

Fedoriv V.M.¹

Ph.D. (Engineering), Associate Professor

E-mail : fedoriv55@ukr.net

Pidlisnyy V.V.¹

Ph.D. (Engineering), Associate Professor

E-mail : v.pidlisnyj37@gmail.com

Semenov O.M.¹

Ph.D. (Engineering), Associate Professor

E-mail : semolmu@gmail.com

¹*State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

JUSTIFICATION OF THE INFLUENCE OF PHYSIOLOGICAL PROCESSES ON THE QUALITY OF GRAIN STORAGE

Abstract

The study is devoted to the analysis of the influence of physiological processes on the shelf life of high-quality grain, determination of its economic longevity and viability. The study is based on an assessment of the decrease in grain moisture and temperature, which are the main factors affecting the durability of grain during long-term storage, increasing the technological quality of grain and the viability of the seed during storage. Experimental studies were carried out during 2018-2020 at the research center "Podilya", and provided for the determination of the chemical composition and processes occurring in the grain mass, which significantly affect the storage period. Studies have shown that the technological qualities of grain during storage are influenced not only by methods and modes of drying, but also by the fractional composition, respiration rate and hydrolysis of the substance. Based on the results obtained, it can be argued that the processes of reducing the sugar content in the grain and increasing the acid number affect the quality of grain during final storage.

Keywords: corn; humidity; temperature; similarity; granary.

References

1. Кирпа, N.YA. (2008). Zberihannya zerna i factory yoho dovhovichnosti [Grain storage and factors of its durability]. *Zberihannya ta pererobka zerna*, 3, 31-33. [in Ukrainian].
2. Kinash, I.A. (2015). Pokaznyky efektyvnosti vykorystannya skladovykh resursnoho potentsialu v umovakh pererobnoho pidpryyemstva [Indicators of efficiency of use of components of resource potential in the conditions of the processing enterprise]. *Naukovy visnyk Kherson's'koho derzhavnoho universytetu*, 14, 68-71. [in Ukrainian].
3. Koval'ov, O.V., & Fedoriv, V.M. (2004). Prosiyuvannya sypkykh materialiv [Screening of bulk materials]. *Kharchova i pererobna promyslovist'*, 5, 24-25. [in Ukrainian].
4. Kryvorot'ko, V.M., Sokolenko, A.I., & Semenov, O.M. (2013). Zamkneni kontury enerhokorystuvannya v kharchovykh tekhnolohiyakh [Closed circuits of energy use in food technology].

Kharchova promyslovist', 14, 163-166. [in Ukrainian].

5. Palylyul'ko, N.Y., Podlesnyy, V.V., Tkach, O.V., & Sosnovskyy, S.Y. (2015). Obosnovanye vlyyanyya faktorov na srok khranenyya zerna [Substantiation of the influence of factors on the shelf life of grain]. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 5, 54-57. [in Ukrainian].

6. Pidlisnyy, V.V., Varfolomyeyev, A.I., & Sokolenko, A.I. (2008). Fyzyko-khimichni yavlyshcha v masoobminu pry zvolozhenni zerna [Physics-chemical phenomena in mass transfer during grain moistening]. *Kharchova i pererobna promyslovist'*, 1, 18-19. [in Ukrainian].

7. Pidlisnyy, V.V. (2012). Vyznachennya teplotekhnichnoho parametriv kondytsionuvannya povitrya [Determination of thermal parameters of air conditioning]. *Zberihannya ta pererobka zerna*, 9, 45-47. [in Ukrainian].

8. Skalets'ka, L.F., Savchuk, N.T., & Nosikovs'kyy, V.A. (2008). Vplyv rezhymiv i tryvalosti zberihannya zerna ozymoyi pshenytsi sortu Kyiviv'ska 8 na yiyi yakist' [Influence of regimes and duration of storage of winter wheat grain of Kyivska 8 variety on its quality]. *Ahronom*, 4, 92-95. [in Ukrainian].

9. Khomovyy, S.M., Tomilova, N.O., & Khomovyy, M.M. (2017). Informatsiyne zabezpechennya yakosti prodovol'chykh tovariv v Ukrayini [Information quality assurance of food products in Ukraine]. *Ekonomika ta upravlinnya APK*, 2, 46-55. [in Ukrainian].

10. Yeremenko, O., Kalenska, S., Kiurchev, S., Rud, A., Chynchyk, O., & Semenov O. (2017). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) productivity under the effect of plant growth regulator in the conditions of insufficient moisture. *Scientific achievements in agricultural engineering, agronomy and veterinary medicine polish ukrainian cooperation: scientific monograph*, 1, 196-217.

Received: 08/11/2020

Revision: 10/20/2020 Accepted: 12/22/2020