

Grain storage in polymer sleeves as an answer to the challenge of the wartime in Ukraine

O. Barabolia 

Article info

Correspondence Author

O. Barabolia

E-mail:

olga.barabolia@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str.,

Poltava, 36003,

Ukraine

Citation: Barabolia, O. (2024). Grain storage in polymer sleeves as an answer to the challenge of the wartime in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 36–41. doi: 10.31210/spi2024.27.02.06

The impact of military operations on agricultural production is catastrophic and is manifested in decreasing the areas of farmlands because of occupation or mining, the lack of labor force, rising prices of resources (seeds, fertilizers, fuel) at simultaneous decreasing the cost of manufactured products as a result of the complicated marketing logistics, destroying and damaging granaries and machinery. The purpose of the article is to study the peculiarities of using polymer sleeves for grain storage under hostilities on the territory of Ukraine. In similar conditions, the question arises of using non-traditional technologies of grain storage, the so called Argentine technology of grain storage in polymer sleeves can be referred to them. At present, it is the best of all known technologies of moist grain storage not only for fodder, but also for food purposes, and the cost of storage is approximately by 2–3 times lower, than on an elevator. Owing to high sleeve hermetic properties, grain mass self-compaction takes place because of decreasing its biological activity, and grain storage under zero temperatures assists in the natural cooling the sleeve content. The expediency of using grain sleeves is also stipulated by logistic peculiarities that are connected with the seasonal fluctuations of grain production. It has been proven by the investigations that the storage in polymer sleeves without losing grain amount and quality is possible for more than half a year depending on its moisture content. At present, the method of the controlled atmosphere is used to improve the process of storage; this method presupposes the creation of atmospheric gases mixture rich in CO₂ and a low content of O₂, or their combination. The use of special wireless sensors of Internet-of-Crops® platform produced by Centaur company, is also introduced for the remote monitoring the temperature, grain humidity, O₂ and/or CO₂ concentration, which enables to control grain quality when it is stored in any granary.

Keywords: grain, granary, polymer grain sleeves, moisture content, quality, storage.

Зберігання зерна в полімерних рукавах як відповідь на виклик воєнного часу в Україні

O. В. Бараболя

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Вплив воєнних дій на сільськогосподарське виробництво є катастрофічним і проявляється у зменшенні площ сільськогосподарських угідь через окупацію або замінування, неолік робочої сили, подорожчання ресурсів (насіння, добрива, паливо) за одночасного зниження вартості виробленої продукції через ускладнену логістику реалізації, знищення та пошкодження зернохосвищ і техніки. Мета статті – дослідження особливостей використання полімерних рукавів для збереження зерна в умовах воєнних дій на території України. В подібних умовах постає питання використання нетрадиційних технологій збереження зерна, до яких можна віднести так звану аргентинську технологію зберігання зерна в полімерних рукавах. На сьогоднішній день це найкраща з усіх відомих технологій зберігання вологого зерна не тільки на корм, але й для харчових цілей, а вартість зберігання приблизно в 2–3 рази нижча, ніж на елеваторі. Завдяки високій герметичності рукава відбувається самоущільнення зернової маси за рахунок зниження її біологічної активності, а зберігання його при нульових температурах сприяє природному охолодженню вмісту рукава. Доцільність використання зернових рукавів також обумовлена логістичними особливостями, які пов'язані з сезонністю виробництва зерна. Дослідженнями доведено, що зберігання в полімерних рукавах без втрати кількості й якості зерна можливе більше півроку залежно від його вологості. Наразі для покращення процесу зберігання використовується метод контрольованої атмосфери, що передбачає створення у полімерному зерновому рукаві суміші атмосферних газів, багатих CO₂ і низьким вмістом O₂, або їх комбінації. Активно також впроваджується використання спеціальних бездротових датчиків і платформи Internet-of-Crops® від компанії Centaur для дистанційного моніторингу температури, вологості зерна, концентрації O₂ та/або CO₂, що дозволяє контролювати якість зерна на зберіганні у будь-якому зернохосвищі.

Ключові слова: зерно, зернохосвище, полімерні зернові рукава, вологість, якість, зберігання.

Бібліографічний опис для цитування: Бараболя O. В. Зберігання зерна в полімерних рукавах як відповідь на виклик воєнного часу в Україні. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 36–41.

До повномасштабної війни Україна була одним із провідних торговців сільськогосподарською продукцією у світі, експортуючи продовольство в достатній кількості, щоб прогодувати понад 400 млн людей щороку [1]. Проте внаслідок військової агресії у лютому 2022 року відбулись масове переміщення населення, призов на військову службу чоловіків, окупація величезних ділянок сільськогосподарських угідь ускладнили або унеможливили фермерам вирощувати й обробляти свої посіви на полях. Перешкождали виробництву відсутність і доступ до найважливіших сільськогосподарських ресурсів, таких як насіння, добрива та паливо. Великі площі сільськогосподарських угідь були та залишаються небезпечними через наявність мін, забруднення вибухами тощо [2], що вимагатиме тривалого часу та ресурсів для відновлення їх родючості [3].

Вплив воєнних дій на сільськогосподарське виробництво є катастрофічним. Незважаючи на те, що виробництво пшениці в Україні в 2022/2023 роках перевищило очікування, та досягло [4] 21,5 млн тонн [5], що майже на 35 % менше, ніж за попередній період. Виробництво в 2023/2024 роках очікується на рівні 23,4 млн тонн [5], що складає 108,8 % попереднього періоду та 70,9 % відносно 2021/2022 років.

Проте скорочення виробництва – це чи не єдина проблема, з якою стикаються фермери в Україні [6]. Збої в діяльності після збору врожаю, наприклад, при зберіганні та транспортуванні, ставлять під загрозу можливість фермерів доставити свій урожай на ринок. Руйнування складських споруд спричинило значні втрати після збору врожаю та зниження якості, не кажучи вже про значне обмеження ємностей для зберігання у майбутньому [7]. Необхідно відмітити, що зерносховища – це категорія, яка зазнає пошкоджень навіть відносно далеко від лінії фронту й є пріоритетною ціллю для знищення агресором після військових та енергетичних об'єктів.

За даними дослідження [8] в результаті воєнних дій розрахункова сукупна ємність пошкоджених зерносховищ складає 3,3 млн тонн одночасного зберігання, в той же час 11,3 млн тонн потужностей повністю знищено, що призвело до загальних збитків у 1,8 млрд доларів. В результаті на 19,5 % було скорочено потужності для зберігання аграрної продукції, і це без урахування потужностей для зберігання, які є недоступними через окупацію та залишаються неушкодженими.

Таким чином, перед вітчизняними фермерами постає проблема не тільки у проведенні посівних і жнивних робіт під час воєнних дій, а й збереження як цілісності зерна, так і його якості. По-перше, при зберіганні зерна необхідно враховувати, що посіви є біологічними системами, яким притаманні властивості дихання, післязбирального дозрівання, самозігрівання та проростання. Фізіологічні процеси – це процеси, що відбуваються внаслідок життєдіяльності його живих компонентів (зерна, насіння бур'янів, комах, кліщів, мікробів) [9].

В результаті набуває актуальності використання альтернативних технологій тимчасового зберігання зерна, з яких найбільш перспективним є використання полімерних рукавів [10]. Ідея зберігання зерна в

спеціальних гнучких герметичних полімерних рукавах виникла в Аргентині, де відчувався значний брак потужностей для зберігання зерна [11]. Протягом сезонів збору врожаю 2008 та 2010 років лише в Аргентині в них зберігалось понад 33 млн та 43 млн метричних тонн зерна відповідно. Ці рукава використовувалися для зберігання кукурудзи, сої, пшениці, соняшника, пивоварного ячменю, канолі, насіння бавовни, рису, сочевиці, сорго, бобів і навіть добрив [12].

Взагалі, полімерні рукава для зерна набули широкого використання в усьому світі, у Північній та Південній Америці, Африці, Аргентині, Азії, Австралії та на Близькому Сході. Південна Америка найширше використовує цей підхід через систему Silobag для тимчасового зберігання сухого зерна й олійних культур [12].

Зберігання зерна в полімерних рукавах у порівнянні з традиційними способами має унікальну перевагу щодо вологості. У закритому середовищі, тобто полімерному рукаві, кисень поступово споживається при диханні живих організмів (O_2), тому концентрація вуглекислого газу (CO_2) зростає [13, 14]. Так, для досягнення майже 100 % смертності комах концентрація O_2 має знизитися до 1–3 % або CO_2 має підвищитися до 35 % [15, 16]. В результаті мікроклімат всередині полімерного рукава змінюється і стає несприятливим для розвитку патогенів і шкідливих організмів, тому зерно може зберігатися довше без втрати якості [17]. Герметичне середовище забезпечує зниження біологічної активності всередині зернової маси, що є основною причиною самозігрівання зерна. Розміщення зерна в рукавах відбувається безпосередньо на полі, а збереження вологого зерна під час низьких температур, тобто в пізній осінній і зимовий час, природним чином сприяє його охолодженню завдяки великій площі поверхні 4–5 тис. m^2 для зерна вагою 150–200 тонн [18, 19].

Полімерні зернові рукава, довжиною 60–75 м, виготовляються з семи, п'яти та трьох (відповідно до розміру 3,6 м, 2,7 м і 2,4 м відповідно) [20] непрозорих і нероздільних шарів поліетилену, кожен з яких має свої властивості, виготовлений з відмінних полімерів з різними добавками та стабілізаторами (рис. 1). Ультрафіолетові добавки в матеріалі рукава запобігають шкідливому впливу ультрафіолетового спектру на продукти, що зберігаються [21, 22].



Рис. 1. Зберігання зерна в полімерних зернових рукавах
Джерело: дані [21].

Завдяки цим властивостям плівки зерно не порушує рукав власною вагою, а сприяє його рівномірному розтягуванню. Внутрішній шар рукава виготовляється з поліетилену чорного кольору, тоді як зовнішній – білого кольору, щоб зерно не перегрівалося на сонці [11].

В середньому за діаметром рукава (2,7 м) після наповнення спеціальною зернопакувальною машиною (пакетувальником, AG BAG, *рис. 2*) вміщується 200 тонн зерна. Тоді, з урахуванням мінімально допустимої відстані між рукавами на 1 га поля можна зберігати 5 тис. тонн зерна [11]. У полімерних рукавах, довжиною 3,6 м, обсяг зерна на зберігання складає 300 тонн [20]. Однак практики рекомендують, повністю його не наповнювати, а лише на 75 %, щоб під час виймання зерна набитий рукав не лопнув [18].



Рис. 2. Закладання зерна на зберігання в полімерні рукава

Джерело: дані [18].

Перед завантаженням зерна у полімерні рукава необхідно ретельно підготувати поле для їх укладання, відібравши ідеально рівні ділянки з належним дренажем і звільнивши його від каміння, пнів, металевих предметів тощо, які можуть призвести до розриву рукава. На обраному полі рекомендується внести безводний аміак для знищення гризунів, що дозволить багаторазово використовувати поле без зайвих витрат [11].

Отже, технологічний процес зберігання зерна в полімерних рукавах відрізняється простотою, але не є легким. Необхідно приділяти достатньо уваги та дотримуватись визначених норм, які регулюються Інструкцією щодо технології зберігання зерна у зерносховищах із застосуванням полімерних зернових рукавів [23].

Зберігання зерна в полімерних рукавах без втрати його якості зазвичай залежить від його вологості (*таблиця 1*) [24]. У дослідженні [25] було порівняно різні способи зберігання зерна – майданчик току, одноповерховий склад, металевий силос, елеватор і полімерний рукав. В результаті визначено, що протягом 8 місяців зберігання зерна найменші втрати маси в межах 0,35–0,42 %, збільшення вологості на 0,1 %, незмінна засміченість і відсутність зараженості зерна були в умовах металевих силосів та полімерного рукава. Порівняння технологічних показників якості зерна за різних способів зберігання засвідчило їх зміни, але найбільшими вони були за зберігання на майданчику току. За зберігання в

полімерному рукаві протягом 8 місяців відбувалося незначне зниження натурі (на 0,52 %) і скловидності зерна (на 2,0 %), масова частка клейковини майже залишалася на колишньому рівні (збільшення на 0,1 %), а якість клейковинного комплексу поліпшувалася (індекс деформації клейковини зменшився на 7,3 %) [25, 26].

Таблиця 1

Тривалість зберігання зерна в полімерних рукавах в залежності від рівня вологості

Вологість, %	Якість зерна за термінів зберігання, міс.		
	задовільна	нормальна	відмінна
Більше 16	3	2	1
14–16	12	6	2
До 14	18	12	6

Джерело: дані [24].

Доцільність використання полімерних рукавів також обумовлена логістичними особливостями, які пов'язані з сезонністю виробництва зерна, оскільки пікові навантаження на перевізників підвищують тарифи на транспортування, а надлишок пропозиції нового врожаю сприяє зниженню закупівельних цін на зерно [11]. Як вже було зазначено, у полімерних рукавах можливе зберігання вологого зерна, яке не завжди вдається досушити до необхідного рівня через погодні умови, адже збирання багатьох видів зерна припадає на осінній період і природне сушіння зерна значно ускладнене, а використання сушильного обладнання пов'язане з дорогими витратами на теплоносії. Фактично, зберігаючи зерно в полімерних рукавах на полі, відпадає необхідність традиційного моніторингу зерна на елеваторі, його перемішування з метою уникнення самонагрівання, а також витрат енергії на активну вентиляцію тощо [18, 24].

Проведені дослідження показали, що під час зберігання в полімерних рукавах вологість посівного зерна майже не змінюється [18, 25], однак його доцільно висушити до стандартних норм, що гарантуватиме довший термін зберігання. Оптимальна вологість зерна становить 14–15 %, тоді як на практиці в разі потреби можна закладати в полімерні рукава зерно кукурудзи з високою вологістю до 20 %, а фуражне – до 40 %. Виходячи з цих даних, цілком безпечна вологість кукурудзи на зерно становить 13,6 % (відповідає відносній вологості повітря 67 %), що корелює з межею необхідної умови для розвитку грибних організмів при температурі +25 °C [18].

Переваги зберігання зерна в полімерних рукавах полягають у наступному [11]:

- 1) відносно низькі інвестиційні витрати на впровадження технології з можливістю кооперованого використання машин і обладнання;
- 2) зниження логістичних витрат на зберігання та транспортування зерна;
- 3) можливість зберігання як сухого зерна, так і зерна підвищеної вологості, що забезпечує економію витрат у разі штучне сушіння;
- 4) незалежність від транспортних компаній, що економить час і кошти;

5) відсутність недооцінки елеваторами якості зерна (втрата ціни);

6) уникнення змішування партій зерна, що зменшує загальну вартість пропозиції;

7) покращення якісних і цінових характеристик зерна після зберігання за рахунок післязбирального дозрівання в рукавах;

8) уникнення зупинки збору врожаю через відсутність транспортних засобів та вільних приміщень для зберігання зерна;

9) краща візуалізація продуктів у разі іпотечних операцій з банком або надання агенту страхової компанії застави для отримання кредиту;

10) дешевше приблизно в 2–3 рази від зберігання зерна на сертифікованих елеваторах.

В той же час, зберігання зерна в полімерних рукавах має певні недоліки [17, 27]:

1) ймовірність пошкодження під час зберігання посівного матеріалу продуктами анаеробної діяльності;

2) порушення пломбування (людьми, птахами, дикими тваринами), що обумовлює необхідність ретельного постійного моніторингу та підвищує вартість зберігання;

3) короткий термін служби (2–4 роки) через низьку механічну міцність рукавів;

4) потреба в спеціальній техніці для завантаження та розвантаження;

5) необхідність регулярного контролю за станом зерна, ручна термометрія.

Для безпечного зберігання зерна в полімерних рукавах існує досвід запровадження методу контрольованої атмосфери (Controlled Atmosphere, CA) – це підхід до модифікації складу газу в рукаві, який зазвичай виробляється штучно та підтримується незмінним шляхом додавання необхідних газів (CO_2 або N_2) з балонів під тиском або іншим способом. Метою обробки CA є створення суміші атмосферних газів, багатих CO_2 і низьким вмістом O_2 , або комбінації цих двох газів у полімерних зернових рукавах. Концентрація газу підтримується протягом усього періоду зберігання для боротьби зі шкідниками [12, 28, 29].

Методи CA використовуються серед широкого асортименту зернохосовищ. Наприклад, його успішне застосування в герметичних сталевих бункерах в Австралії, де вуглекислий газ із сухого льоду рециркулював через зерно, та в бетонних зернових елеваторах. Оскільки цей метод не використовує токсичні гази чи інші пестициди, він вважається екологічно чистим. В результаті створена у зернохосовищі штучна атмосфера запобігає розвитку грибків і підтримує найвищу якість продукту [12].

Найкращою практикою безпечного зберігання є точний моніторинг стану зерна, включаючи концентрацію газу в герметичних структурах. Так само, як і при використанні фумігаційних газів, слід контролювати обробку CA концентраціями O_2 та/або CO_2 для забезпечення успішного застосування. Як традиційна практика, були встановлені лінії відбору проб газу, щоб забезпечити моніторинг за допомогою приладів для вимірювання газу. Такий моніторинг виконується технічним персоналом на місці у

заздалегідь визначений регулярний час, зокрема під час очищення від газу та під час обробки CA. Для цього необхідний регулярний візит технічного персоналу для моніторингу змін концентрації газу. Цей метод потребує додаткового часу та виїзду на місце, що здорожчує моніторинг, а отже і вартість зберігання зерна [12].

Необхідно відзначити використання спеціальних бездротових датчиків (рис. 3) і платформи Internet-of-Crops® від компанії Centaur (рис. 4) для дистанційного моніторингу температури, вологості зерна, концентрації O_2 та/або CO_2 , що дозволяє контролювати якість зерна на зберіганні у будь-якому зернохосовищі.

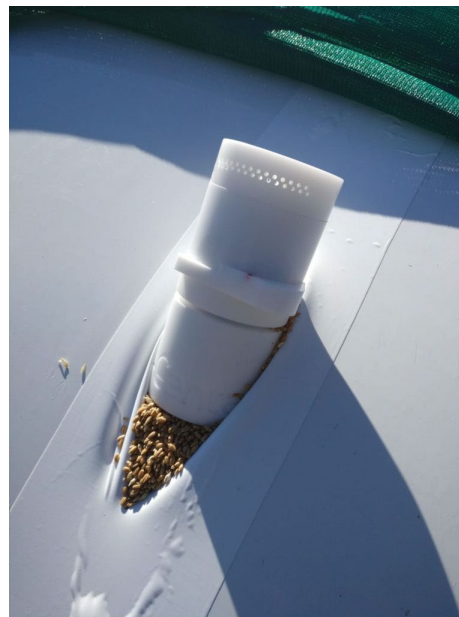


Рис. 3. Розміщення бездротового датчика в полімерному рукаві
Джерело: [12].



Рис. 4. Принцип роботи платформи Internet-of-Crops® у зернохосовищі
Джерело: [30].

Доцільність використання цих технологій обумовлена тим, що для отримання ефекту від використання CA необхідно багато днів, а оброблене зерно може бути розташоване на значній відстані від

місця розташування оператора. Алгоритми прогнозування псування зерна, вбудовані в платформу Internet-of-Crops, допомагають оператору приймати рішення та спрямовують до будь-якого необхідного втручання під час СА або зберігання зерна [30].

Висновки

Метою наведеного огляду наукових і дослідницьких літературних джерел було обґрунтувати доцільність використання полімерних рукавів для збереження зерна в умовах воєнних дій на території України. З літературних джерел встановлено, що вплив воєнних дій на сільськогосподарське виробництво є катастрофічним. В подібних умовах постає питання використання нетрадиційних технологій збереження зерна, до яких можна віднести технологію зберігання зерна в полімерних рукавах, яка є ефективною альтернативою щодо металевих силосів, елеваторів, складів. Наразі ця технологія є найкращою з усіх відомих для зберігання вологого зерна не тільки на корм, але й для харчових цілей протягом понад півроку залежно від його вологості. На сьогодні для покращення процесу зберігання застосовується метод контрольованої атмосфери – створення суміші атмосферних газів, багатих CO₂ і низьким вмістом O₂, або їх комбінації. Активно впроваджується використання спеціальних бездротових датчиків і платформи Internet-of-Crops® від компанії Centaur для дистанційного моніторингу температури, вологості зерна, концентрації O₂ та/або CO₂, що дозволяє контролювати якість зерна на зберіганні у будь-якому зерносховищі.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Khoury, E. (2022). Ukraine: Six months of war and humanitarian response amid a global food crisis. *World Food Programme*. Retrieved from: <https://www.wfp.org/stories/ukraine-six-months-war-and-humanitarian-response-amid-global-food-crisis>
2. Chaika, T., & Korotkova, I. (2023). Directions and reproduction soil fertility technologies in the post-war period in Ukraine. *Agrobiologija*, 1 (179), 142–156. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-142-156>
3. Chaika, T. O., & Korotkova, I. V. (2023). Vidnovlennia rodiuchosti gruntu v Ukraini pislia voiennykh dii. In T. Chaika (Ed.), *Zakhyst i vidnovlennia ekolohichnoi rinvovahy ta zabezpechennia samovidnovlennia ekosystem : kolektyvna monohrafiia*. (pp. 232–281). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
4. Larger Wheat Harvest in Ukraine Than Expected. *Earthobservatory*. Retrieved from: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/150590/larger-wheat-harvest-in-ukraine-than-expected>
5. Ukraine wheat area, yield and production. *USDA*. Retrieved from: <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/default.aspx?id=UP&crop=Wheat>
6. Barabolia, O., & Latysh, A. (2024). The prospects of hard spring wheat cultivation to ensure internal consumption. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 64–68. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.11>
7. Conflict and postharvest losses – the case of Ukraine (2023). *APHLIS*. Retrieved from: <https://www.aphlis.net/en/news/54>
8. Neiter, R., Zoria, S., & Muliari, O. (2024). *Zbytky, vtraty ta potreby silskoho hospodarstva cherez povnomashtabne vtronnennia*. Retrieved from: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/02/RDNA3_ukr.pdf [in Ukrainian]
9. Khan, A., Singh, A. V., Gautam, S. S., Agarwal, A., Punetha, A., Upadhayay, V. K., Kukreti, B., Bundela, V., Jugran, A. K., & Goel, R. (2023). Microbial bioformulation: a microbial assisted biostimulating fertilization technique for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1270039>
10. Barabolia, O., & Kyrychenko, D. (2022). Promising technologies of grain storage during emergency situations. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 25–31. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.04.03>
11. Kolodiihuk, V., & Dubnevych, Y. (2019). Technical and technological support for grain stocks management of agricultural producers in the conditions of elevator capacity deficiency in Ukraine. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 19 (3), 319–328.
12. Keeping Grain Safe in Sealed Storage: Latest techniques. *Centaur*. Retrieved from: <https://centaur.ag/how-to-keep-grain-safe-in-sealed-storage/>
13. Ibpoto, Kh., & Magan, N. (2008). Comparison of the respiration and dry matter loss in stored wheat and rice crop at different temperatures and water activities. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 4 (3), 301–306.
14. Raudienė, E., Rušinskas, D., Balčiūnas, G., Juodeikienė, G., & Gailius, D. (2017). Carbon dioxide respiration rates in wheat at various temperatures and moisture contents. *MAPAN*, 32 (1), 51–58. <https://doi.org/10.1007/s12647-016-0202-4>
15. Navarro, S. (2006). Modified atmospheres for the control of stored-product insects and mites. *Insect Management for Food Storage and Processing*, 105–145. <https://doi.org/10.1016/b978-1-891127-46-5.50016-7>
16. Xihong, R., Zhanggui, Q., Yongjian, F., Shuzhong, F., Quan, L., Jin, Z., Liang, Q., Liang, Y., Tan, X., & Guan, L. (1998). Effects of oxygen concentration on the mortality of four adult stored-product insects in low dosage phosphine fumigation. *Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-Product Protection* (p. 364–366). China: Beijing.
17. Manandhar, A., Paschal Milindi, P., & Shah, A. (2018). An overview of the post-harvest grain storage practices of smallholder farmers in developing countries. *Agriculture*, 8 (4), 57. <https://doi.org/10.3390/agriculture8040057>
18. Fedorchuk, A. (2014). Kladiť volohe zerno v mishky. *AgroTimes*. Retrieved from: <https://agrotimes.ua/article/kladit-vologe-zerno-v-mishki/> [in Ukrainian]
19. Barabolia, O. V., Tataro, Y. V., & Antonovskiy, O. V. (2020). The influence of variety features of winter wheat grain on the quality of bakery properties. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 21–27. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.02>
20. Polymer Sleeves for Grain Storage 1.95 m 60 m 200 mkm-250 mkm. *Made-in-China*. Retrieved from: <https://longxing.en.made-in-china.com/product/qwITphAKrdrs/China-Polymer-Sleeves-for-Grain-Storage-1-95m-60m-200mkm-250mkm.html>
21. Turatbekova, A., Kuramboev, T., Ergasheva, O., Kayumova, N., Babayev, A., Jumanazarov, S., & Tasheva, U. (2024). Study on physiobiological features of grain and contemporary storage methods. *E3S Web of Conferences*, 497, 03022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449703022>
22. Perevahy ta nedoliky polietylenovykh rukaviv. UA-REGION. Retrieved from: <https://www.ua-region.com.ua/article/packaging/perevagi-ta-nedoliki-polietylenovykh-rukaviv> [in Ukrainian]
23. Instruktsiia shchodo tekhnolohii zberihannia zerna u zernoskhovnyshchakh iz zastosuvanniam polimernykh zernovykh rukaviv : zatverdzheno Nakazom Ministerstva ahramoi polityky ta prodovolstva Ukrainy vid 04.02.2011 N 10 (z0175-11). (2011). *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0176-11#Text> [in Ukrainian]
24. Podpriatov, H. I., Rozhko, V. I., & Skaletska, L. F. (2014). *Tekhnolohiia zberihannia ta pererobky produktii roslynnytstva*. Kyiv: Ahrama osvita. [in Ukrainian]
25. Kovalenko, M. V. (2018). Ekonomichne obgruntuvannia innovatsiinykh tekhnolohii zberihannia zerna. *Ekonomika i Suspilstvo*, 16, 348–356. [in Ukrainian]

26. Barabolia, O. V. (2012). Formation of grain quality of hard spring wheat, terms and methods of its harvesting. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 60–64. <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.01.14>
27. Lysenko, V. M., Himpel, V. V., & Nikonorova, V. M. (2014). Shliakhy pidvyshchennia enerhoefektyvnosti pry zberihanni zernovykh ta oliinykh kultur. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriiia Mekhanizatsiia ta Avtomatyzatsiia Vyrobnnychkykh Protsesiv*, 11 (26), 42–46. [in Ukrainian]
28. Chaika, T., & Barabolia, O. (2022). Impact of damage of winter grain wheat by the corn bug (*Eurygaster integriceps* Put.) on the crop and grain quality. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 135–141. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.16>
29. Zhemela, H. P., & Barabolia, O. V. (2012). The baking quality of soft winter wheat depending on the damage of grain by a bedbug-tortoise. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 11–13. <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.01.02>
30. Manage your Grain with Award-Winning Technology. *Centaur*. Retrieved from: <https://centaur.ag/grain/>

ORCID

O. Barabolia  <https://orcid.org/0000-0002-5563-8445>



© 2024 Barabolia O. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.