

УДК 633.358:631.531.02:631.563

## Оцінка адаптивної стійкості сортів гороху посівного залежно від травмування та тривалості зберігання насіння

Л. М. Кононенко\* , Д. І. Кам'яченко 

Уманський національний університет, вул. Інститутська, м. Умань, Черкаська обл., 20301, Україна

\*Автор для листування: Лідія Кононенко, [lidiyakononenko@ukr.net](mailto:lidiyakononenko@ukr.net)

**Цитування:** Кононенко Л. М., Кам'яченко Д. І. Оцінка адаптивної стійкості сортів гороху посівного залежно від травмування та тривалості зберігання насіння. *Біоенергетика*. 2026. № 1. С. 38–49. <https://doi.org/10.47414/be.2026.No1.pp38-49>

**Мета.** Оцінити адаптивну стійкість сортів гороху посівного залежно від ступеня травмування та тривалості зберігання насіння, а також встановити їх вплив на якісні показники насіння та його посівні властивості. **Методи.** Дослідження базувалися на трифакторному лабораторному досліді (2022–2026 рр.). Об'єктами були сорти гороху посівного 'Царевич', 'Оплот' та 'Отаман'. Схема досліду передбачала вивчення впливу сортових особливостей (фактор А), тривалості зберігання від 1 до 5 років (фактор В) та ступеня травмованості насіння (ціле, мікротравми, макротравми) (фактор С). Посівні якості та біохімічні показники визначали згідно з ДСТУ 4138-2002 та відповідними ISO стандартами. **Результати.** Найвищим адаптивним потенціалом характеризувався сорт 'Царевич', що у контрольному варіанті забезпечував енергію проростання на рівні 95%, у сортів 'Оплот' і 'Отаман' цей показник становив 93 та 91%. Зі збільшенням тривалості зберігання до 5 років енергія проростання знижувалася до 80% у сорту 'Царевич' та до 76% в 'Отаман', а за наявності макротравм – до 60 і 55% відповідно. Лабораторна схожість змінювалася аналогічно – від 96–92% у свіжому насінні до 84–78% у цілих зразках після 5 років зберігання та до 62–68% у варіантах із макротравмами. Середня тривалість проростання зростала від 4,8–5,2 доби у свіжому насінні до 5,8–6,3 доби після 5 років зберігання, а за макротравм досягала 6,8–7,6 доби. Індекс швидкості проростання, навпаки, знижувався: від 18,5–17,3 ум. од. у контролі до 14,6–13,2 ум. од. у цілих зразках після 5 років та до 10,2–11,5 ум. од. за макротравм. Вміст води зменшувався з 12,5–12,8 до 9,3–10,8% залежно від сорту та умов зберігання, причому травмоване насіння втрачало додатково до 0,9% вологи. Загальний вміст білка знижувався з 24,2–24,8% до 20,2–22,7%, а наявність макротравм посилювала втрати ще на 0,5–1,5%. Вміст вуглеводів характеризувався більшою стабільністю, проте також зменшувався з 51,9–52,6 до 47,1–49,8%, із додатковим зниженням на 0,8–1,7% у травмованому насінні. **Висновки.** Найвищу адаптивну стійкість до дії досліджуваних факторів продемонстрував сорт 'Царевич', який зберігав вищі показники посівних якостей і біохімічного складу впродовж усього періоду зберігання. Механічні пошкодження та тривале зберігання мають кумулятивний негативний ефект, істотно знижуючи життєздатність насіння та інтенсивність проростання. Отримані результати свідчать про доцільність використання цілого насіння та обмеження термінів зберігання для збереження високого біологічного потенціалу культури.

**Ключові слова:** проростання; схожість; білки; вуглеводи; зберігання.

### Вступ

Горох посівний (*Pisum sativum* L.) є цінною і провідною зернобобовою культурою в Україні, що відіграє стратегічну роль у забезпеченні продовольчої безпеки та збалансуванні рослинного білка в раціоні. Однак, реалізація генетичного потенціалу сучасних сортів значною мірою

Одержано 03.03.2026 • Погоджено 29.03.2026 • Опубліковано онлайн 18.05.2026

© Автор(и), 2026. Видавець Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Це стаття відкритого доступу, що розповсюджується на умовах ліцензії CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), яка дозволяє використання, розповсюдження та відтворення на будь-яких носіях за умови належного цитування оригінальної роботи.



залежить від якості насіннєвого матеріалу, яка формується на етапах збирання, післязбиральної доробки та тривалого зберігання [1].

Сучасний стан виробництва гороху посівного в Україні характеризується пошуком оптимальних технологічних рішень для стабілізації врожайності та підвищення якості насіннєвого матеріалу в умовах мінливого клімату [2]. Наукові дослідження останніх років акцентують увагу на необхідності вдосконалення елементів технології вирощування конкретних сортів, що дозволяє максимально реалізувати їхній біологічний потенціал [3, 4]. Особливого значення набуває обґрунтування адаптивної сортової технології для умов Правобережного Лісостепу, де параметри росту та розвитку культури значною мірою залежать від гідротермічних умов вегетаційного періоду [5, 6].

Адаптивна стійкість та параметри стабільності сортів є ключовими ознаками при відборі селекційного матеріалу [7, 8]. Дослідженнями науковців встановлено, що різні за морфотипом сорти гороху мають неоднаковий адаптивний потенціал, що проявляється у їхній здатності протистояти абіотичним та технологічним стресам [9, 10]. При цьому аналіз параметричних станів селекційних зразків у різних екологічних зонах дозволяє виділити генотипи з високою насіннєвою продуктивністю та стійкістю до несприятливих чинників [11, 12].

Процес тривалого зберігання насіння супроводжується глибокими фізіологічними, морфологічними та хімічними змінами, що прямо впливають на його життєздатність [13]. Згідно з іноземними дослідженнями, довговічність насіння та швидкість його деградації залежать від вихідних кондицій та умов експозиції [14, 15]. Зокрема, оцінка життєздатності до і після зберігання за допомогою лабораторних та польових методів підтверджує поступове зниження посівних якостей через порушення цілісності насіннєвих структур [16, 17].

Важливим аспектом отримання високоякісного насіння є дотримання регламентів виробництва та мінімізація факторів, що спричиняють погіршення його фізіологічного стану [18]. Таким чином, комплексне вивчення адаптивної здатності сортів у поєднанні з аналізом біохімічних змін під час зберігання та впливу механічних чинників є необхідною умовою для розробки ефективних систем насінництва гороху посівного.

*Мета дослідження* – оцінити адаптивну стійкість сортів гороху посівного залежно від ступеня травмування та тривалості зберігання насіння, а також встановити їх вплив на якісні показники насіння та його посівні властивості.

## Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводили на базі Уманського національного університету впродовж 2022–2026 рр. Для вивчення поставлених задач було використано сорти гороху посівного вітчизняної селекції, занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні – ‘Царевич’, ‘Оплот’ і ‘Отаман’. Сорти створені в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр’єва НААН і належать до безлисточкових (вусатих) напівкарликових морфотипів.

Сорти характеризуються редукцією листових пластинок із заміною їх на вусики, що сприяє кращій аерації посівів, зменшенню вилягання та підвищенню придатності до механізованого збирання. Рослини середньої висоти (55–75 см), з нефасційованим стеблом і формуванням першого суцвіття на рівні 14–16-го вузла. Квітки білі, зазвичай по дві на квітконіжці. Боби лущильного типу, середнього розміру, з кількістю насінин 5–6 (максимально – 7). Насіння округло-сплюснуте, з гладенькою поверхнею, жовтого або рожевого забарвлення.

*Сорт ‘Царевич’* характеризується середньостиглістю, тривалість вегетаційного періоду становить 79–85 діб. Маса 1000 насінин – 260–280 г, вміст білка – 20–22%. Сорт відзначається підвищеною посухостійкістю, стійкістю до вилягання та високою придатністю до збирання прямим комбайнуванням. За результатами сортовипробувань максимальна врожайність досягала 5,0 т/га, що свідчить про високий потенціал продуктивності.

*Сорт ‘Оплот’* також належить до середньостиглої групи з тривалістю вегетаційного періоду 80–90 діб. Маса 1000 насінин становить 260–280 г, вміст білка – 20–22%. Сорт характеризується стійкістю до вилягання, доброю адаптивністю до умов вирощування в різних ґрунтово-кліматичних зонах України та стабільною врожайністю. За даними державного сортовипробування, середня врожайність у зоні Лісостепу становила близько 2,7 т/га, з максимальними показниками понад 4,0 т/га.

Сорт 'Отаман' належить до середньостиглої групи, тривалість вегетаційного періоду становить 77–80 діб. Рослини напівкарликові, безлисточкового (вусатого) типу. Стебло нефасційоване, середньої довжини, висота рослин – 60–80 см, закладання першого суцвіття відбувається на рівні 14–16-го вузла. Квітки білі, формуються по дві (інколи 2–3) на квітконіжці. Боби луцильного типу, середнього розміру, добре виповнені, містять 5–6 насінин (максимально – 7). Насіння округле, гладеньке, жовтого або рожевого забарвлення, характеризується стійкістю до осипання. Сорт зернового напряму використання, відзначається стабільною продуктивністю, стійкістю до вилягання та придатністю до збирання прямим комбайнуванням. Маса 1000 насінин становить 230–250 г, вміст білка – 20–22%.

Обрані сорти характеризуються високим рівнем адаптивності, стабільною продуктивністю та належать до сучасних морфотипів гороху, що забезпечує їх доцільність використання в дослідженнях, спрямованих на оцінку якості насіння та його посівних властивостей у процесі зберігання.

Дослідження проводили згідно з трифакторною схемою у чотириразовій повторності згідно з чинними державними стандартами та методиками.

*Схема.* Адаптивна стійкість сортів насіння гороху посівного залежно від тривалості зберігання і травмованості:

*Фактор А* – сорти: 'Царевич' (контроль), 'Оплот', 'Отаман'.

*Фактор В* – тривалість складського зберігання: 1 рік (свіже насіння) – контроль за тривалістю; 3 роки (середньотермінове); 5 років (тривале).

*Фактор С* – ступінь механічного пошкодження (травмованість): ціле насіння (контроль за травмованістю); мікротравми (тріщини оболонки); макротравми (пошкодження сім'ядолей або зародка).

*Визначення енергії проростання та лабораторної схожості насіння*

Енергію проростання і лабораторну схожість визначали згідно з ДСТУ 4138:2002 [19], який відповідає ISO 605/2, та правилами ISTA [20].

Насіння розкладали у стерильні чашки Петрі або на фільтрувальний папір, зволожений дистильованою водою. Пророщування здійснювали при температурі  $20 \pm 2$  °C у темряві.

Енергію проростання визначали на 3–4-ту добу як відсоток нормально пророслого насіння.

Лабораторну схожість визначали на 7–8-му добу як відсоток нормально розвинених проростків від загальної кількості насіння.

*Визначення середньої тривалості проростання*

Середню тривалість проростання розраховували як середньозважене значення часу проростання насіння за формулою [21]:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum(n_i \cdot t_i)}{\sum n_i}$$

де  $n_i$  – кількість насіння, що проросло на певну добу;  $t_i$  – відповідна доба проростання.

Спостереження проводили щоденно протягом 10 діб.

*Визначення індексу швидкості проростання*

Індекс швидкості проростання визначали за модифікованою методикою Maguire [22], що базується на сумуванні відношень кількості пророслого насіння до відповідної доби:

$$GSI = \sum \frac{Gt}{t}$$

де  $Gt$  – кількість пророслого насіння на добу  $t$ ;  $t$  – день обліку.

Чим вищий індекс, тим швидше відбувається проростання.

*Визначення вмісту води*

Вологість насіння визначали згідно з ДСТУ ISO 712:2015 (ISO 712:2009) [23] методом висушування до постійної маси. Насіння висушували при температурі  $105 \pm 2$  °C до досягнення сталої маси. Вологість розраховували у відсотках від початкової маси зразка.

*Визначення загального вмісту білка*

Загальний вміст білка визначали методом К'ельдаля згідно з ДСТУ ISO 5983-1:2014 [24].

Метод включає мінералізацію зразка, перегонку аміаку та титрування. Вміст білка розраховували через загальний вміст азоту з коефіцієнтом 6,25.

*Визначення загального вмісту вуглеводів*

Загальний вміст вуглеводів визначали розрахунковим методом за різницею [25]:

$$\text{Вуглеводи} = 100 - (\text{вода} + \text{білки} + \text{жири} + \text{зола})$$

Жири та зольність визначали за стандартними методиками ДСТУ ISO 6492 [26] та ДСТУ ISO 2171 [27] і враховували сталі показники для розрахунку.

*Статистична обробка результатів*

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу із визначенням найменшої істотної різниці ( $\text{HIP}_{0,05}$ ) [28].

Використовували трифакторний дисперсійний аналіз для оцінки впливу: фактор А – сорт, фактор В – тривалість зберігання, фактор С – ступінь травмованості.

Розрахунки проводили з визначенням середніх значень, стандартної помилки та достовірності різниць між варіантами.

**Результати дослідження**

Встановлено, що найвищим адаптивним потенціалом характеризується сорт 'Царевич', який у контрольному варіанті (ціле насіння) забезпечив енергію проростання на рівні 95%. Сорти 'Оплот' та 'Отаман' за аналогічних умов дещо поступалися контрольному варіанту, формуючи відповідно 93 та 91%. Різниця між сортами становить 2–4% і є статистично достовірною, оскільки перевищує значення  $\text{HIP}_{0,05}$  для фактора А (2,4%), що свідчить про генетичну зумовленість початкового рівня життєздатності насіння.

Дослідження показали, що механічні пошкодження (фактор С) виявилися одним із найбільш значущих чинників зниження посівних якостей. Так, за мінімальної тривалості зберігання (1 рік) наявність мікротравм зумовлювала зниження енергії проростання в середньому на 6%. Визначено, що негативний ефект спостерігався за макротравм, коли показник істотно знижувався. У сорту 'Отаман' енергія проростання насіння зменшувалася до 73%, що на 18% менше порівняно з цілим насінням. Це пояснюється пошкодженням зародка або сім'ядолей, що порушує нормальний перебіг фізіологічних процесів під час проростання.

Вплив тривалості зберігання (фактор В) також у поступовому зниженні енергії проростання, що свідчить про процеси старіння насіннєвого матеріалу. Так, у цілого насіння сорту 'Царевич' показник знизився з 95 до 80% (на 15%), тоді як в 'Отаман' – з 91 до 76%. Отримані результати вказують на інтенсифікацію окиснювальних процесів і поступове виснаження фізіологічного потенціалу насіння в процесі зберігання.

Проведені статистичні розрахунки вказують, що взаємодія факторів (АВС), що істотно зниження життєздатності спостерігалось за поєднання тривалого зберігання (5 років) та макротравм. У цих умовах енергія проростання сорту 'Отаман' знижувалася до 55%, 'Оплот' – до 58%, а 'Царевич' – до 60%. Виявлені відмінності підтверджуються значенням  $\text{HIP}_{0,05}$  для взаємодії АВС (5,6%), що свідчить про складний характер взаємодії факторів. Травмоване насіння втрачає життєздатність значно інтенсивніше порівняно з цілим, що зумовлено посиленням дихальних процесів та окиснення ліпідних компонентів у місцях пошкоджень (табл. 1).

Встановлено, що сорт 'Царевич' характеризується найвищою адаптивною стійкістю до дії досліджуваних факторів і зберігає енергію проростання до 72% навіть за наявності мікротравм після 5 років зберігання. В 'Отаман' і 'Оплот' за аналогічних умов ці показники є нижчим (68%), що свідчить про їх меншу стійкість до тривалого зберігання та механічних пошкоджень насіння (табл. 1).

Проведені дослідження вказують, що у контрольному варіанті (ціле насіння) значення лабораторної схожості найвищі відмічено у сорту 'Царевич': від 96% для свіжозібраного насіння до 84% після п'яти років зберігання. Сорти 'Оплот' і 'Отаман' формували нижчі показники – відповідно 94–81% та 92–78%, що свідчить про сортові відмінності, які підтверджуються перевищенням  $\text{HIP}_{0,05}$  для фактора А (табл. 2).

Результати досліджень вказують, що травмованість проявляється у стабільному зниженні лабораторної схожості незалежно від сорту та тривалості зберігання. За наявності мікротравм зниження було 4–6%, тоді як макротравми зумовлювали суттєвіше погіршення показника – до 8–12% порівняно з цілим насінням. Найменші значення лабораторної схожості зафіксо-

вано у варіантах із макротравмами та тривалим зберіганням (5 років), де показники коливалися в межах 60–68% залежно від сорту.

**Таблиця 1.** Енергія проростання насіння сортів гороху посівного залежно від тривалості зберігання та ступеня травмованості, %

Сорт (А)	Тривалість зберігання (В)	Травмованість (С)		
		ціле насіння	мікротравми	макротравми
'Царевич'	1 рік	95К	89	78
	3 роки	88	81	69
	5 років	80	72	60
'Оплот'	1 рік	93	87	75
	3 роки	86	79	66
	5 років	78	70	58
'Отаман'	1 рік	91	85	73
	3 роки	84	77	64
	5 років	76	68	55
НІР <sub>0,05</sub> Фактор А (сорт)			2,4	
Фактор В (тривалість зберігання)			3,6	
Фактор С (травмованість)			3,5	
Взаємодія АВС			5,6	

Досліджено, що вплив тривалості зберігання був відзначений у поступовому зниженні лабораторної схожості у всіх варіантах досліду. У середньому за сортами різниця між свіжозібраним насінням і насінням після п'яти років зберігання становила 10–14%, що перевищує НІР<sub>0,05</sub> для фактора В, підтверджуючи істотність впливу даного чинника (табл. 2).

**Таблиця 2.** Лабораторна схожість насіння сортів гороху посівного залежно від тривалості зберігання та травмованості, %

Сорт (А)	Тривалість зберігання (В)	Травмованість (С)		
		ціле насіння	мікротравми	макротравми
'Царевич'	1 рік	96 К	90	82
	3 роки	90	84	75
	5 років	84	77	68
'Оплот'	1 рік	94	88	80
	3 роки	88	82	72
	5 років	81	74	65
'Отаман'	1 рік	92	86	78
	3 роки	86	80	70
	5 років	78	71	62
НІР <sub>0,05</sub> Фактор А (сорт)			2,5	
Фактор В (тривалість зберігання)			3,7	
Фактор С (травмованість)			3,4	
Взаємодія АВС			5,5	

Встановлено істотну взаємодію факторів, що підтверджується значенням НІР<sub>0,05</sub> для взаємодії АВС. Найбільш виражене зниження лабораторної схожості спостерігалось у варіантах поєднання тривалого зберігання та макротравм, що свідчить про кумулятивний негативний ефект зазначених чинників. Варто вказати, що сорт 'Царевич' був більш стійким до дії досліджуваних факторів і забезпечував вищі значення лабораторної схожості порівняно із сортами 'Оплот' та 'Отаман' (табл. 2).

Результати досліджень вказують, що у контрольному варіанті найменша середня тривалість проростання відмічена у сорту 'Царевич' – 4,8 доби за зберігання 1 рік. У сортів 'Оплот' і 'Отаман' цей показник становив відповідно 5,0 та 5,2 доби. Зі збільшенням строку зберігання до 5 років тривалість проростання зростає до 5,8 доби у сорту 'Царевич', 6,0 доби в 'Оплот' та 6,3 доби в 'Отаман', що перевищує  $НІР_{0,05}$  для фактора В (0,22), підтверджуючи істотність впливу тривалості зберігання.

Встановлено, що травмованість насіння істотно впливає на швидкість проростання. За наявності мікротравм середня тривалість проростання зростала в середньому на 0,3–0,5 доби порівняно з цілим насінням, тоді як макротравми зумовлювали більш виражене уповільнення на 0,7–1,3 доби залежно від сорту та строку зберігання. Найбільші значення показника зафіксовано у варіантах із макротравмами та тривалим зберіганням (5 років), де середня тривалість проростання досягала 6,8 доби у сорту 'Царевич', 7,2 доби в 'Оплот' та 7,6 доби в 'Отаман'.

Аналіз сортових особливостей показує, що сорт 'Царевич' характеризується найменшою середньою тривалістю проростання в усіх варіантах дослідження, що свідчить про його вищу фізіологічну активність. Різниця між сортами за контрольних умов (1 рік, ціле насіння) становила 0,2–0,4 доби і перевищувала  $НІР_{0,05}$  для фактора А (0,18), що підтверджує статистичну достовірність сортових відмінностей (табл. 3).

Визначено, що суттєвий вплив має взаємодія факторів, що підтверджується значенням  $НІР_{0,05}$  для взаємодії АВС (0,35). Найбільш несприятливі умови (макротравми у поєднанні з тривалим зберіганням) призводили до максимального збільшення тривалості проростання, що вказує на кумулятивний негативний ефект зазначених чинників (табл. 3).

**Таблиця 3.** Середня тривалість проростання насіння гороху посівного залежно від тривалості зберігання та травмованості, діб

Сорт (А)	Тривалість зберігання (В)	Травмованість (С)		
		ціле насіння	мікротравми	макротравми
'Царевич'	1 рік	4,8 К	5,1	5,6
	3 роки	5,2	5,6	6,2
	5 років	5,8	6,3	6,8
'Оплот'	1 рік	5,0	5,3	5,9
	3 роки	5,4	5,8	6,5
	5 років	6,0	6,4	7,2
'Отаман'	1 рік	5,2	5,5	6,2
	3 роки	5,6	6,1	6,9
	5 років	6,3	6,8	7,6
$НІР_{0,05}$ Фактор А (сорт)			0,18	
Фактор В (тривалість зберігання)			0,22	
Фактор С (травмованість)			0,20	
Взаємодія АВС			0,35	

Визначення індексу швидкості проростання насіння гороху посівного залежно від тривалості зберігання та ступеня травмованості вказує, що про загальну тенденцію до зниження цього показника зі збільшенням строку зберігання та погіршенням фізичного стану насіння.

Досліджено, що у контрольному варіанті (ціле насіння, 1 рік зберігання) найвищі значення індексу швидкості проростання зафіксовано у сорту 'Царевич' – 18,5 ум. од., 'Оплот' і 'Отаман' вони становили 17,9 та 17,3 ум. од. відповідно. Різниця між сортами перевищує  $НІР_{0,05}$  для фактора А (0,9), що свідчить про статистично достовірні сортові відмінності та вищу інтенсивність проростання у сорту 'Царевич' (табл. 4).

Встановлено істотний вплив тривалості зберігання (фактор В) на досліджуваний показник. Так, зі збільшенням строку зберігання до 5 років індекс швидкості проростання знижувався у сорту 'Царевич' до 14,6 ум. од., 'Оплот' – до 13,9 ум. од., 'Отаман' – до 13,2 ум. од. Зниження

показника порівняно зі свіжозібраним насінням перевищує  $НІР_{0,05}$  для фактора В (1,1), що підтверджує істотність впливу старіння насіння на його фізіологічну активність.

**Таблиця 4.** Індекс швидкості проростання насіння гороху посівного залежно від тривалості зберігання та травмованості, ум. од.

Сорт (А)	Тривалість зберігання (В)	Травмованість (С)		
		ціле насіння	мікротравми	макротравми
'Царевич'	1 рік	18,5 К	17,2	15,6
	3 роки	16,8	15,4	13,8
	5 років	14,6	13,1	11,5
'Оплот'	1 рік	17,9	16,6	14,9
	3 роки	16,1	14,7	13,2
	5 років	13,9	12,5	10,9
'Отаман'	1 рік	17,3	16,0	14,2
	3 роки	15,5	14,1	12,6
	5 років	13,2	11,8	10,2
$НІР_{0,05}$ Фактор А (сорт)			0,9	
Фактор В (тривалість зберігання)			1,1	
Фактор С (травмованість)			0,8	
Взаємодія АВС			1,6	

Варто вказати, що травмованість насіння (фактор С) суттєво впливала на індекс швидкості проростання. За наявності мікротравм показник знижувався в середньому на 1,0–1,5 ум. од., тоді як макротравми спричиняли більш виражене зменшення – до 2,5–3,0 ум. од. порівняно з цілим насінням. Найнижчі значення індексу відмічено у варіантах із макротравмами та тривалим зберіганням (5 років), що свідчить про суттєве пригнічення процесів проростання.

Аналіз взаємодії факторів (АВС) показав, що поєднання тривалого зберігання та макротравм призводить до найбільшого зниження індексу швидкості проростання. Виявлені відмінності перевищують  $НІР_{0,05}$  для взаємодії (1,6), що підтверджує статистичну значущість комплексного впливу досліджуваних чинників. Сорт 'Царевич' демонструє найвищі значення індексу швидкості проростання у всіх варіантах дослідження, що свідчить про його більш високу фізіологічну активність і кращу адаптивність до умов зберігання та травмування.

Дослідження вказують, що сорт 'Оплот' демонструє середні показники адаптивності. Так, свіжозібраному стані (1 рік) без травм його ІПП становить 17,9 ум. од., що лише на 0,6 ум. од. менше за контроль. Проте при тривалому зберіганні (5 років) у поєднанні з макротравмами цей показник знижується до 10,9 ум. од. (загальне падіння на 39,1% від початкового стану цілого насіння). Це вказує на помірну стійкість сорту до тривалого зберігання. Сорт 'Отаман' виявився найбільш чутливим до дії досліджуваних факторів. Початковий ІПП цілого насіння становив 17,3 ум. од. Найнижче значення в усьому експерименті зафіксовано саме у цього сорту при 5-річному зберіганні та наявності макротравм – 10,2 ум. од. Порівняно з початковим станом, швидкість проростання знизилася на 41%, що свідчить про вищу швидкість старіння та глибшу реакцію на механічні пошкодження зародка. 'Отаман' є найбільш вразливим сортом: різниця між ним і контролем ('Царевич') на 5-му році зберігання з макротравмами складає 1,3 ум. од., що перевищує похибку  $НІР_{0,05}$  (0,8–0,9) (табл. 4).

Встановлено, що вологість насіння є динамічним показником, який зменшується зі збільшенням строку зберігання та під впливом механічних пошкоджень.

Досліджено, що у контрольному варіанті вміст води у сорту 'Царевич' становив 12,8%, 'Оплот' – 12,6%, 'Отаман' – 12,5% (табл. 5).

Результати вказують, що із збільшенням тривалості зберігання спостерігалось поступове зниження вмісту води в насінні. Так, після 3 років зберігання показник зменшувався в середньому до 11,5–11,9%, а після 5 років – до 10,2–10,8% залежно від сорту. Зниження вмісту води порівняно зі свіжозібраним насінням перевищує  $НІР_{0,05}$  для фактора В (0,35), що підтверджує істотний вплив тривалості зберігання на водний баланс насіння.

Встановлено вплив ступеня травмованості і за наявності мікротравм вміст води знижувався 0,2–0,4%, тоді як макротравми зумовлювали більш помітне зменшення показника – до 0,5–0,9% порівняно з цілим насінням. Найнижчі значення вологості відмічено у варіантах із макротравмами та тривалим зберіганням (5 років), що пов'язано з порушенням цілісності оболонок і змінами у структурі насіння (табл. 5).

**Таблиця 5.** Вміст води в насінні гороху посівного залежно від тривалості зберігання та травмованості, %

Сорт (А)	Тривалість зберігання (В)	Травмованість (С)		
		ціле насіння	мікротравми	макротравми
'Царевич'	1 рік	12,8 К	12,6	12,3
	3 роки	11,9	11,6	11,2
	5 років	10,8	10,4	9,9
'Оплот'	1 рік	12,6	12,4	12,1
	3 роки	11,7	11,3	10,9
	5 років	10,5	10,1	9,6
'Отаман'	1 рік	12,5	12,3	12,0
	3 роки	11,5	11,1	10,7
	5 років	10,2	9,8	9,3
НІР <sub>0,05</sub> Фактор А (сорт)			0,25	
Фактор В (тривалість зберігання)			0,35	
Фактор С (травмованість)			0,20	
Взаємодія АВС			0,55	

Встановлено, що рівень білка у проведених дослідженнях гороху посівного є варіабельним показником, який зазнає поступових змін під впливом умов зберігання та механічних пошкоджень насіння.

Найвищий рівень білку визначено у сорту 'Царевич' – 24,8%. 'Оплот' та 'Отаман' характеризувалися дещо нижчими показниками – 24,5 та 24,2% відповідно.

Дослідження вказують, що збільшення терміну зберігання до 5 років призвело до незворотного зниження вмісту білка в усіх варіантах досліджу. У цілому насінні (без травм) втрати становили 2,1–2,2%.

Дослідження вказують на значний вплив мікротравм і наявність тріщин насінневої оболонки спричиняє зниження вмісту білка на 0,5–0,8% порівняно з цілим насінням. Це зумовлено інтенсифікацією газообміну та прискоренням окиснювальних процесів у периферійних шарах сім'ядолей.

Результати тривалих досліджень підтверджують істотний вплив макротравм – пошкодження цілісності сім'ядолей та зародка призводить до найбільш глибоких біохімічних змін. У комбінації з 5-річним зберіганням вміст білка в 'Отаман' знизився до мінімального значення – 20,2%, що свідчить про втрату майже п'ятої частини вихідного білкового потенціалу.

Статистично (НІР<sub>0,05</sub> АВС = 0,60) підтверджується значущість синергічного ефекту між часом зберігання та ступенем травмованості. Характерно, що наявність макротравм нівелює сортову стійкість: різниця між сортами за інтенсивного пошкодження стає мінімальною, що вказує на переважання фізичного руйнування над генетичним потенціалом адаптивності.

Таким чином, травмування насіння гороху посівного виступає потужним стресовим чинником, що скорочує період його біологічної придатності.

Найбільшу схильність до біохімічного старіння виявив сорт 'Отаман', тоді як 'Царевич' продемонстрував відносно вищу здатність до збереження білкового комплексу в умовах тривалого зберігання (табл. 6).

Встановлено, що вуглеводний компонент є основним складником насіння гороху посівного і характеризується відносною стабільністю, однак зазнає поступових змін під впливом досліджуваних факторів.

**Таблиця 6.** Загальний вміст білка в насінні гороху посівного залежно від тривалості зберігання та травмованості, %

Сорт (А)	Тривалість зберігання (В)	Травмованість (С)		
		ціле насіння	мікротравми	макротравми
'Царевич'	1 рік	24,8 К	24,3	23,5
	3 роки	23,9	23,2	22,4
	5 років	22,7	21,9	20,8
'Оплот'	1 рік	24,5	24,0	23,2
	3 роки	23,6	22,9	22,0
	5 років	22,3	21,5	20,5
'Отаман'	1 рік	24,2	23,7	22,9
	3 роки	23,3	22,6	21,7
	5 років	22,0	21,2	20,2
НІР <sub>0,05</sub> Фактор А (сорт)			0,30	
Фактор В (тривалість зберігання)			0,40	
Фактор С (травмованість)			0,25	
Взаємодія АВС			0,60	

Вміст вуглеводів становив у 'Царевич' – 52,6%, 'Оплот' – 52,2%, 'Отаман' – 51,9%. Збільшення тривалості зберігання вказує на поступове зниження вмісту вуглеводів. Так, після 3 років зберігання показник зменшувався до 50,6–51,4%, а після 5 років – до 48,9–49,8% залежно від сорту. Зниження порівняно зі свіжозібраним насінням перевищує НІР<sub>0,05</sub> для фактора В (0,55), що підтверджує істотний вплив тривалості зберігання на вуглеводний склад насіння. Це пов'язано з витратами запасних вуглеводів у процесах дихання та поступовими метаболічними змінами під час зберігання (табл. 7).

**Таблиця 7.** Загальний вміст вуглеводів у насінні гороху посівного залежно від тривалості зберігання та травмованості, %

Сорт (А)	Тривалість зберігання (В)	Травмованість (С)		
		ціле насіння	мікротравми	макротравми
'Царевич'	1 рік	52,6 К	52,1	51,3
	3 роки	51,4	50,7	49,8
	5 років	49,8	49,0	47,9
'Оплот'	1 рік	52,2	51,7	50,9
	3 роки	50,9	50,2	49,3
	5 років	49,2	48,5	47,4
'Отаман'	1 рік	51,9	51,4	50,6
	3 роки	50,6	49,9	49,0
	5 років	48,9	48,2	47,1
НІР <sub>0,05</sub> Фактор А (сорт)			0,40	
Фактор В (тривалість зберігання)			0,55	
Фактор С (травмованість)			0,35	
Взаємодія АВС			0,75	

Досліджено, що ступінь травмованості впливає на вміст вуглеводів у варіантах із мікротравмами спостерігалось зниження показника в середньому на 0,4–0,8%, тоді як макротравми зумовлювали більш виражене зменшення – до 0,8–1,7% порівняно з цілим насінням. Найнижчі значення відмічено у варіантах із макротравмами після тривалого зберігання (5 років), що свідчить про інтенсифікацію процесів розпаду та використання вуглеводів у пошкодженому насінні.

## Висновки

Встановлено, що енергія проростання та лабораторна схожість насіння гороху посівного істотно знижуються зі збільшенням тривалості зберігання та ступеня травмованості. У свіжому насінні ці показники становили 91–95%, після 5 років зберігання за наявності макротравм зменшувалися до 55–60%, що свідчить про суттєву втрату посівної придатності.

Індекс швидкості проростання характеризувався чіткою тенденцією до зниження від максимальних значень у свіжому цілому насінні до мінімальних у варіантах із макротравмами після 5 років зберігання, що вказує на уповільнення фізіологічних процесів проростання та зниження життєздатності насіння.

Вміст води в насінні зменшувався у процесі зберігання з 12,5–12,8% до 9,3–10,8% і найбільші втрати вологи були у травмованому насінні, де зниження перевищувало 2,0% порівняно з цілими зразками.

Загальний вміст білка в насінні знижувався з 24,2–24,8% у контролі до 20,2–22,7% після 5 років зберігання, а механічні пошкодження додатково зменшували цей показник на 0,5–1,5%, що свідчить про інтенсифікацію деградаційних процесів.

Вміст вуглеводів змінювався менш інтенсивно, однак також мав тенденцію до зниження – з 51,9–52,6% до 47,1–49,8% у процесі зберігання, причому макротравмоване насіння характеризувалося додатковим зменшенням на 0,8–1,7%.

## Список використаних джерел

1. Savenko, V. O. (2024). *Improvement of elements of the cultivation technology of pea varieties* [Qualification thesis]. West Ukrainian National University, Ternopil. [In Ukrainian]
2. Zhuikov, O. H., & Lahutenko, K. V. (2017). Pea in Ukraine – status, problems, prospects (review). *Taurian Scientific Bulletin*, 98, 65–71. [In Ukrainian]
3. Telekalo, N. V. (2019). Influence of a complex of technological methods on pea cultivation. *Agriculture and Forestry*, 13, 84–93. [In Ukrainian]
4. Vozhehova, R. A., & Sorokunskyi, S. S. (2021). Seed productivity and adaptability parameters of pea varieties depending on inoculants and plant protection systems. *Agrarian Innovations*, 6, 82–86. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.6.14> [In Ukrainian]
5. Mazur, V. A., Didur, I. M., & Pansyryeva, H. V. (2020). Substantiation of the adaptive sorting technology of growing leguminous crops in the right-bank Forest Steppe of Ukraine. *Agriculture and Forestry*, 18, 5–16. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-3-1> [In Ukrainian]
6. Zakharchuk, V. V. (2025). Peculiarities of growth and development of field peas in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. *Taurian Scientific Bulletin*, 141(1), 121–127. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.16> [In Ukrainian]
7. Dueholm, B., Grimberg, Å., Hefni, M., Witthöft, C., Hagström, G., & Hammenhag, C. (2025). Sensory screening of pea (*Pisum sativum* L.) seeds and correlations to seed quality. *Future Foods*, 12, Article 100691. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100691>
8. Rybalchenko, A. M., & Malchenko, Yu. Yu. (2024). Study of pea varieties by valuable economic traits under conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. In *Modern aspects and technologies in plant protection* (pp. 108–111). Poltava State Agrarian University. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14534615> [In Ukrainian]
9. Koblai, S. V. (2016). Adaptive potential of pea varieties with different morphotypes under conditions of southern Ukraine. *Plant Breeding and Seed Production*, 110, 82–90. [In Ukrainian]
10. Kholod, S. M. (2019). Characteristics of different varieties of the pea (*Pisum sativum* L.) in the zone of the Southern Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 109–117. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.2.2019.173552> [In Ukrainian]
11. Orlov, S. D., Chernuskyi, V. V., & Balahura, O. V. (2024). Analysis of parametric states of breeding genotypes of pea (*Pisum sativum* L.) under different conditions of vegetation periods. *Bioenergy*, 2, 13–17. <https://doi.org/10.47414/be.2024.No2.pp13-17> [In Ukrainian]
12. Warkentin, T. D., Smykal, P., Coyne, C. J., Weeden, N., Domoney, C., Bing, D., et al. (2015). Pea (*Pisum sativum* L.). In A. M. De Ron (Ed.), *Grain legumes. Handbook of plant breeding* (pp. 37–83). Springer.
13. Cojocar, A., Carbune, R.-V., Teliban, G.-C., Stan, T., Mihalache, G., Rosca, M., Rusu, O.-R., Butnariu, M., & Stoleru, V. (2024). Physiological, morphological and chemical changes in pea seeds under different storage conditions. *Scientific Reports*, 14(1), Article 28191. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79115-6>

14. Ranganathan, U., & Groot, S. P. C. (2023). Seed longevity and deterioration. In *Seed Science and Technology* (pp. 91–108). Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_5)
15. Bishaw, Z., Niane, A. A., & Gan, Y. (2007). Quality seed production. In *Lentil* (pp. 349–383). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8\\_21](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6313-8_21)
16. Akyüz, S., Kizil Aydemir, E. S., & Ateş, S. (2025). Assessment of seed viability before and after storage in forage pea (*Pisum sativum* L. var. *arvense*) using field and laboratory methods. *Plants*, 14(18), Article 2872. <https://doi.org/10.3390/plants14182872>
17. Santos, C. S., Carbas, B., Castanho, A., Vasconcelos, M. W., Vaz Patto, M. C., Domoney, C., & Brites, C. (2019). Variation in pea (*Pisum sativum* L.) seed quality traits defined by physicochemical functional properties. *Foods*, 8(11), 570. <https://doi.org/10.3390/foods8110570>
18. Panwar, A., Mishra, A. C., & Negi, S. (2018). Correlation studies on seed quality, pod and seed yield in germplasm of pea (*Pisum sativum* L.). *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 9(1), 98–102. <https://doi.org/10.23910/IJBSM/2018.9.1.3C0753>
19. State Standard of Ukraine 4138:2002. (2003). *Seeds of agricultural crops. Methods for quality determination*. Derzhspozhyvstandart of Ukraine. [In Ukrainian]
20. International Seed Testing Association. (2023). *International rules for seed testing*. ISTA.
21. Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (2001). *Principles of seed science and technology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1619-4>
22. Maguire, J. D. (1962). Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176–177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
23. State Standard of Ukraine ISO 712:2015. (2016). *Grain and grain products. Determination of moisture content*. UkrNDNC. [In Ukrainian]
24. State Standard of Ukraine ISO 5983-1:2014. (2015). *Animal feeding stuffs, compound feeds and grain. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content by the Kjeldahl method*. UkrNDNC. [In Ukrainian]
25. Osborne, D. R., & Voogt, P. (1978). *The analysis of nutrients in foods*. Academic Press.
26. State Standard of Ukraine ISO 6492:2001. (2002). *Animal feeding stuffs. Determination of fat content*. State Standard of Ukraine. [In Ukrainian]
27. State Standard of Ukraine ISO 2171:2010. (2011). *Grain and processed grain products. Determination of ash content*. UkrNDNC. [In Ukrainian]
28. Zar, J. H. (2010). *Biostatistical analysis*. Pearson.

## Assessment of adaptive stability of pea varieties depending on seed damage and storage duration

L. M. Kononenko\*, D. I. Kamianchenko

Uman National University, 1 Instytutska St., Uman, Cherkasy region, 20305, Ukraine

\*Corresponding author: Lidiia Kononenko, [lidiyakononenko@ukr.net](mailto:lidiyakononenko@ukr.net)

---

**Citation:** Kononenko, L. M., & Kamianchenko, D. I. (2026). Assessment of adaptive stability of pea varieties depending on seed damage and storage duration. *Bioenergy*, 1, 38–49. <https://doi.org/10.47414/be.2026.No1.pp38-49>

---

**Aim.** To assess the adaptive stability of pea (*Pisum sativum* L.) varieties depending on the degree of seed damage and storage duration, and to determine their effects on seed quality indicators and sowing properties. **Methods.** The study was based on a three-factor laboratory experiment conducted in 2022–2026. The objects of research were the pea varieties ‘Tsarevych’, ‘Oplot’, and ‘Otaman’. The experimental design included the effects of varietal characteristics (factor A), storage duration from 1 to 5 years (factor B), and degree of seed damage (intact seeds, micro-damage, and macro-damage) (factor C). Sowing qualities and biochemical parameters were determined in accordance with the DSTU 4138-2002 and relevant ISO standards. **Results.** The highest adaptive potential was observed in the variety ‘Tsarevych’, which exhibited a germination energy of 95% in the control treatment, whereas this value reached 93% in ‘Oplot’ and 91% in ‘Otaman’. With an increase in storage duration to 5 years, germination energy declined to 80% in ‘Tsarevych’ and to 76% in ‘Otaman’, and in the presence of macro-damage decreased further to 60% and 55%, respectively. Laboratory ermination followed a similar pattern, declining from 96–92% in freshly harvested seed

---

to 84–78% in intact samples after 5 years of storage and to 62–68% in the treatments with macro-damage. The mean germination period increased from 4.8–5.2 days in fresh seed to 5.8–6.3 days after 5 years of storage, reaching 6.8–7.6 days under macro-damage. Conversely, germination rate decreased from 18.5–17.3 in the control to 14.6–13.2 in intact samples after 5 years of storage and to 10.2–11.5 in damaged seed. Seed moisture content declined from 12.5–12.8% to 9.3–10.8%, depending on variety and storage conditions, with damaged seed losing up to an additional 0.9% moisture. Total protein content decreased from 24.2–24.8% to 20.2–22.7%, while macro-damage intensified protein losses by a further 0.5–1.5%. Carbohydrate content was more stable; however, it also declined from 51.9–52.6% to 47.1–49.8%, with an additional reduction of 0.8–1.7% in damaged seed. **Conclusions.** The variety ‘Tsarevych’ demonstrated the highest adaptive stability to the studied factors, maintaining superior sowing quality and biochemical composition throughout the storage period. Mechanical damage and prolonged storage exerted a cumulative negative effect, substantially reducing seed viability and germination intensity. The results indicate the necessity of using intact seed material and limiting storage duration in order to preserve the high biological potential of field pea crops.

**Keywords:** germination; seed viability; proteins; carbohydrates; storage.

---

**ORCID**

Лідія Кононенко / Lidiia Kononenko

Дмитро Кам'янченко / Dmytro Kamianchenko

<https://orcid.org/0000-0001-7037-2692>

<https://orcid.org/0009-0006-0837-7656>