

ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ЗБЕРІГАННЯ ТА СТУПЕНЯ ТРАВМУВАННЯ НАСІННЯ НА ПОСІВНІ І ФІЗІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РІЗНИХ ВИДІВ ГОРОХУ

Л. М. КОНОНЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук

Д. І. КАМ'ЯНЧЕНКО, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Уманський національний університет

Представлено результати дослідження впливу тривалості зберігання та ступеня травмування насіння на посівні і фізіологічні властивості звичайного та спаржевого гороху. Встановлено, що збільшення тривалості зберігання з 1 до п'яти років призводить до істотного зниження схожості, енергії проростання та життєздатності насіння та інтенсивність втрат залежить від характеру травмування. Насіння без травм зберігало найвищі показники проростання (72–88 % у звичайного та 73–78 % у спаржевого гороху), тоді як мікро- та макротравмоване характеризувалося значно нижчими значеннями. Найбільше зниження посівних якостей відзначено у макротравмованого насіння, де схожість за 5-річного зберігання зменшувалася до 58 % у звичайного та 63 % у спаржевого гороху.

Ключові слова: горох звичайний, горох спаржевий, мікротравми, макротравми, енергія проростання, схожість, життєздатність.

Вступ. Насіння є ключовим матеріалом для відтворення рослин, і його якість безпосередньо визначає продуктивність та стійкість сільськогосподарських культур. Одним із головних факторів, що впливає на посівні та фізіологічні властивості насіння, є тривалість його зберігання, оскільки під час довготривалого зберігання відбуваються фізіологічні та біохімічні зміни, які знижують схожість, енергію проростання та життєздатність насіння. Крім того, механічні пошкодження під час обробки, пакування чи транспортування — мікро- та макротравми — значно погіршують фізіологічні характеристики насіння та призводять до нерівномірного проростання [1, 2].

Горох (*Pisum sativum* L.) та спаржевий/тетрагонолобус горох (*Pisum tetragonolobus* L.) є важливими бобовими культурами, що забезпечують високу біологічну цінність зерна та сприяють збагаченню ґрунту азотом. Однак різні види гороху демонструють різну чутливість до зберігання та травмування насіння, що потребує диференційованого підходу до управління їх посівними ресурсами [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Горох є однією з ключових продовольчих, кормових та агропромислових культур, що відіграє важливу роль у забезпеченні світового ринку рослинним білком [4]. Статистичні дані свідчать,

що найбільшим виробником гороху у світі є Китай, тоді як до провідних країн також належать Індія, Пакистан, Франція та США [5].

Загальна площа вирощування сухого гороху у світі оцінюється в межах 6–6,5 млн га, тоді як спаржевий горох (*Pisum tetragonolobus* L.) займає значно менші площі – близько 0,5–0,7 млн га, переважно у вигляді овочевої культури для свіжого споживання, переробки та заморожування. У Європі (Франція, Італія) та Північній Америці спаржевий горох вирощують здебільшого для локального ринку, без формування значного промислового сегмента [6, 7].

Автори підкреслюють, що формування високоякісного насінневого матеріалу безпосередньо залежить від дотримання оптимальних умов його зберігання та мінімізації механічних ушкоджень. Недоцільним є закладання на тривале зберігання насіння з вираженими макротравмуваннями, а навіть незначні мікропошкодження можуть індукувати прискорені процеси старіння та зумовлювати зниження збереженості на 12–18 %. Такий ефект пояснюється порушенням цілісності оболонки, підвищенням проникності клітинних структур та активацією оксидативних процесів, що у підсумку негативно позначається на фізіологічній повноцінності насіння [8, 9].

Міжнародні рекомендації, зокрема ISTA та FAO, визначають оптимальні умови зберігання насіння: вологість 12–14 %, температура не вище 5 °С, недопущення механічних ушкоджень та контакту з агресивними хімічними сполуками [10, 11]. У країнах Європи (Франція, Німеччина, Польща) насіння гороху зберігають у контрольованому мікрокліматі при вологості 12–14 % і температурі 0–5 °С, що дозволяє підтримувати схожість протягом 3–5 років [12, 13]. Дослідження інших країн і, зокрема, у Китаї натомість поширені короткострокові системи зберігання (1–2 роки) із залученням сорбентів вологості (сілікагель), однак така практика менш стабільно забезпечує збереження фізіологічної активності насіння [14].

Попри наявність напрацювань щодо *Pisum sativum* L., питання впливу тривалості зберігання та ступеня травмування насіння на його посівні та фізіологічні властивості залишаються недостатньо вивченими, особливо для спаржевого гороху. Макро- та мікропошкодження можуть істотно знижувати схожість, енергію проростання та життєздатність насіння, проте закономірності цього процесу для *Pisum tetragonolobus* L. практично не описані. Відтак, оцінка взаємодії таких факторів, як тривалість зберігання та ступінь механічного травмування, є актуальною науковою проблемою, що має безпосереднє значення для підвищення ефективності передпосівної підготовки, формування якісного насінневого матеріалу та оптимізації технології сівби різних видів гороху.

Метою роботи було оцінювання впливу тривалості зберігання та ступеня травмування насіння на посівні і фізіологічні властивості різних видів гороху, а також визначення закономірностей зміни схожості, енергії проростання, життєздатності та довжини проростків у насіння звичайного (*Pisum sativum* L.) та спаржевого гороху (*Pisum tetragonolobus* L.) в умовах довготривалого зберігання.

Методика досліджень. Досліди закладено і виконано на кафедрі рослинництва Уманського національного університету упродовж 2023–2025

років. У дослідження використовували два види гороху – звичайний (*Pisum sativum* L.) та спаржевий (тетрагонолобус) (*Pisum tetragonolobus* L.).

Дослідження проведено за трифакторною схемою:

Фактор А – Вид гороху:

1. Звичайний горох – *Pisum sativum* L. (контроль)
2. Спаржевий горох (тетрагонолобус) – *Pisum tetragonolobus* L.

Фактор В – тривалість зберігання:

1. Один рік
2. Два роки
3. Три роки
4. П'ять років

Фактор С – ступінь травмування насіння:

1. Без травм
2. Мікротравми
3. Макротравми

Повторність дослідів чотириразова. Для морфометричних вимірювань у кожному повторенні додатково відбирали 10 випадкових проростків. Схожість та енергію проростання визначали відповідно до методик International Seed Testing Association (ISTA) за температури 20 ± 2 °C, відносної вологості ≈ 70 % і природнього фотоперіоду. Схожість визначали за відсотком насінин, що проросли до кінця тестового терміну відповідно до ISTA [15]. Енергію проростання визначали за відсотком насінин, що проросли в ранньому стандартному часі (визначення енергії проводилися згідно з регламентованим інтервалом ISTA для гороху). Життєздатність (%) / TTC-тест визначали біохімічним тестом з 2,3,5-трифенілтетразолієм (ТТС) за стандартною методикою: дефектні або неживі насінини не забарвлюються, живі – інтенсивно забарвлюються [15–17]. Довжину кореня та пагона вимірювали лінійкою з точністю до 0,1 см через стандартизований період після проростання на четвертий і сьомий день [18–21]. Статистичну обробку даних здійснювали дисперсійним аналізом із обчисленням середнього значення, стандартного відхилення (SD) та коефіцієнта варіації (V, %), а також визначали мінімальні та максимальні показники [22].

Результати досліджень. Проведені дослідження показали, що тривалість зберігання насіння істотно впливає на його фізіологічні властивості. Так, для звичайного гороху схожість насіння без травм зменшувалася від 88 ± 2 % після одного року до 72 ± 3 % після п'яти років зберігання, тоді як енергія проростання знизилася від 85 ± 2 % до 70 ± 3 % за той же період. Встановлено, що насіння із мікротравмами демонструвало більшу втрату посівних якостей: схожість зменшилася з 82 ± 3 % до 65 ± 4 %, а енергія проростання – з 79 ± 3 % до 63 ± 4 %. Досліджено, що макротравмоване насіння виявило найнижчі показники, зокрема схожість звичайного гороху після п'яти років зберігання становила лише 58 ± 5 %, а енергія проростання – 56 ± 5 % (табл. 1). Для спаржевого гороху спостерігалася подібна тенденція, проте показники залишалися вищими, ніж у звичайного виду. Так, після п'яти років зберігання схожість насіння без травм складала 78 ± 3 %, із мікротравмами – 70 ± 4 %, а з макротравмами – 63 ± 4 %.

Табл. 1. Вплив тривалості зберігання та травмування на енергію проростання, %

Вид гороху	Тривалість зберігання, років	Без травм (%)	Мікротравми (%)	Макротравми (%)
Звичайний	1	85 ± 2	79 ± 3	72 ± 3
	2	82 ± 2	75 ± 3	68 ± 4
	3	77 ± 3	70 ± 3	62 ± 4
	5	70 ± 3	63 ± 4	56 ± 5
Спаржевий	1	90 ± 2	84 ± 3	78 ± 3
	2	87 ± 2	80 ± 3	73 ± 3
	3	82 ± 3	75 ± 3	68 ± 4
	5	76 ± 3	68 ± 4	61 ± 4

Енергія проростання відповідно становила 76 ± 3 %, 68 ± 4 % та 61 ± 4 %. Отримані дані свідчать про значущий вплив як тривалості зберігання, так і ступеня травмування насіння на його посівні якості. Особливо помітне зниження схожості та енергії проростання спостерігається у насіння з мікро- та макротравмами, що підкреслює важливість контролю фізичної цілісності насіння при довготривалому зберіганні. Результати підтверджують необхідність диференційованого підходу до зберігання насіння різних видів гороху, враховуючи їх чутливість до травмування та часу зберігання.

Дані таблиці 2 вказують, що вплив досліджуваних чинників на схожість насіння був дуже значним.

Табл. 2. Вплив тривалості зберігання та травмування на схожість насіння, %

Вид гороху	Тривалість зберігання, років	Без травм (%)	Мікротравми (%)	Макротравми (%)
Звичайний	1	88 ± 2	82 ± 3	75 ± 3
	2	85 ± 2	78 ± 3	70 ± 4
	3	80 ± 3	72 ± 3	65 ± 4
	5	72 ± 3	65 ± 4	58 ± 5
Спаржевий	1	92 ± 2	87 ± 2	80 ± 3
	2	89 ± 2	83 ± 3	75 ± 3
	3	85 ± 3	78 ± 3	70 ± 4
	5	78 ± 3	70 ± 4	63 ± 4

Так, у звичайного гороху було відзначено, що найменшого впливу було отримано за мікротравм після зберігання впродовж одного року, а найбільшого – за п'ять років із мікротравмами. Дослідження вказують, що у гороху спаржевого було відзначено аналогічну залежність. За мікротравм отримано 63 ± 4 % після п'яти років зберігання (табл. 2). Статистичний аналіз даних показав, що середнє значення схожості насіння звичайного гороху без травм

становило 80 %, при цьому мінімальне та максимальне значення коливалося від 72 до 88 %, а коефіцієнт варіації склав 10 %. Насіння із мікротравмами демонструвало більш високу мінливість, $V = 9,6\text{--}11,3$ %, зі зниженням середніх показників до 71–73 %. Розрахунки вказують, що макротравмоване насіння характеризувалося найнижчими значеннями схожості (60 %) та енергії проростання (58 %), а також найменшим коефіцієнтом варіації (4–5 %), що свідчить про стабільно низькі показники. Для спаржевого гороху спостерігалася подібна тенденція, проте середні значення залишалися вищими порівняно зі звичайним видом: без травм – 75–73 %, мікротравми – 69–68 %, макротравми – 64–61 % (табл. 3).

Табл. 3. Посівні показники та енергія проростання насіння різних видів гороху залежно від ступеня травмування, %

Вид гороху	Ступінь травмування	Схожість, %				Енергія проростання, %			
		$\bar{x}$	min	max	V	$\bar{x}$	min	max	V
Звичайний	Без травм	80,0	72	88	10,0	78,0	70	85	9,6
	Мікротравми	73,0	65	82	9,6	71,0	63	79	11,3
	Макротравми	60,0	58	63	4,2	58,0	56	61	4,7
Спаржевий	Без травм	75,0	68	78	6,7	73,0	66	76	5,5
	Мікротравми	69,0	63	70	5,8	68,0	61	70	4,4
	Макротравми	64,0	61	63	4,7	61,0	59	61	3,3

Варто вказати, що порівнюючи види між собою, встановлено, що звичайний горох загалом характеризується дещо вищими показниками схожості та енергії проростання, проте сильніше реагує на травмування, демонструючи різкіший спад цих параметрів при мікро- та макропошкодженнях. У спаржевого гороху абсолютні значення схожості й енергії проростання дещо нижчі, однак варіабельність показників (V , %) у всіх ступенях травмування є меншою, що свідчить про відносно стабільнішу фізіологічну реакцію насіння на механічний стрес. Найбільше зниження посівних якостей в обох видів спостерігається за макротравмування, проте ступінь зниження у звичайного гороху є більш вираженим, що вказує на його вищу чутливість до механічних ушкоджень порівняно зі спаржевим.

Коефіцієнт варіації для спаржевого гороху коливався від 3,3 до 6,7 %, що вказує на відносно меншу варіабельність даних у порівнянні зі звичайним видом (табл. 3). Результати підтверджують значущий вплив тривалості зберігання та ступеня травмування на фізіологічні показники насіння та необхідність контролю цих факторів для збереження високої посівної якості. Проведені дослідження вказують, що життєздатність насіння з макротравмами знижується з $0,88 \pm 0,03$ до $0,75 \pm 0,04$ у звичайного гороху та з $0,90 \pm 0,03$ до $0,78 \pm 0,04$ у спаржевого, тоді як довжина проростків кореня та пагона зменшується на 0,5–1,0 см порівняно з мікротравмованим насінням.

Оцінювання впливу різних типів травмування на життєздатність насіння та ріст проростків показало, що мікротравми спричиняють поступове, але відносно

помірне зниження фізіологічних параметрів обох видів гороху під час тривалого зберігання. У звичайного гороху життєздатність зменшувалася з 0,95 до 0,84 за 1–5 років, тоді як у спаржевого – з 0,97 до 0,86, що свідчить про дещо кращу стійкість останнього. Аналогічно довжина кореня знижувалася у звичайного з 4,8 до 4,0 см, а у спаржевого – з 5,0 до 4,2 см; довжина пагона – відповідно з 5,2 до 4,5 см та з 5,5 до 4,7 см.

Визначення довжини проростка вказує, що у обох видів гороху найбільші показники отримані за 1 року зберігання і за мікротравм, а найменші за 5 року зберігання та за мікротравм (табл. 4).

Табл. 4. Вплив мікротравм на життєздатність та довжину проростків насіння гороху, см

Вид гороху	Тривалість зберігання (років)	Мікротравми		
		Життєздатність, %	Довжина проростка, см	
			корінь	пагін
Звичайний	1	0,95 ± 0,02	4,8 ± 0,2	5,2 ± 0,3
	2	0,92 ± 0,02	4,6 ± 0,2	5,0 ± 0,3
	3	0,88 ± 0,03	4,3 ± 0,2	4,7 ± 0,3
	5	0,84 ± 0,03	4,0 ± 0,2	4,5 ± 0,3
Спаржевий	1	0,97 ± 0,02	5,0 ± 0,2	5,5 ± 0,3
	2	0,93 ± 0,02	4,7 ± 0,2	5,2 ± 0,3
	3	0,90 ± 0,03	4,5 ± 0,2	5,0 ± 0,3
	5	0,86 ± 0,03	4,2 ± 0,2	4,7 ± 0,3

У разі макротравмування деградація фізіологічних параметрів проявлялася значно інтенсивніше. Життєздатність звичайного гороху за 1–5 років знизилася з 0,88 до 0,75, тоді як у спаржевого з 0,90 до 0,78, що підтверджує вищу стресостійкість останнього. Довжина кореня звичайного гороху зменшилася з 4,2 до 3,5 см, а спаржевого з 4,5 до 3,6 см; довжина пагона відповідно – з 4,7 до 4,0 см і з 5,0 до 4,2 см (табл. 4).

Узагальнюючи, мікротравми впливають переважно помірно, тоді як макротравми спричиняють значне зниження життєздатності (до 12–15 %) та пригнічення ростових параметрів, причому спаржевий горох стабільно демонструє вищу фізіологічну резистентність порівняно зі звичайним (табл. 5). Таким чином, проведені дослідження підтверджують необхідність контролю ступеня травмування під час підготовки насіння для зберігання та його вплив на подальшу продуктивність культури. Статистичний аналіз показав, що мікротравми насіння спричиняють помірне зниження фізіологічних показників, тоді як макротравми значно погіршують схожість, енергію проростання та життєздатність. Середнє значення схожості у мікротравмованого насіння становить 88,9 %, у макротравмованого – 79,8 %, що підтверджує високу чутливість до фізичних ушкоджень.

Табл. 5. Вплив макротравм на життєздатність та довжину проростків насіння гороху

Вид гороху	Тривалість зберігання (років)	Макротравми		
		Життєздатність, %	Довжина проростка, см	
			корінь	пагін
Звичайний	1	0,88 ± 0,03	4,2 ± 0,3	4,7 ± 0,3
	2	0,85 ± 0,03	4,0 ± 0,3	4,5 ± 0,3
	3	0,80 ± 0,03	3,8 ± 0,3	4,2 ± 0,3
	5	0,75 ± 0,04	3,5 ± 0,3	4,0 ± 0,3
Спаржевий	1	0,90 ± 0,03	4,5 ± 0,3	5,0 ± 0,3
	2	0,87 ± 0,03	4,2 ± 0,3	4,8 ± 0,3
	3	0,83 ± 0,03	3,9 ± 0,3	4,5 ± 0,3
	5	0,78 ± 0,04	3,6 ± 0,3	4,2 ± 0,3

Енергія проростання та життєздатність також знижуються на 9–10 % при макротравмах, а довжина проростків зменшується до 0,7–1,0 см порівняно з мікротравмованим насінням (табл. 6).

Табл. 6. Статистичні показники фізіологічних властивостей насіння гороху за впливу мікро- та макротравм

Показник	мікротравми	макротравми
Схожість, %	середнє: 88,9	середнє: 79,8
	мін: 83	мін: 72
	макс: 94	макс: 88
	v, %: 5,4	v, %: 7,1
Енергія проростання, %	середнє: 85,7	середнє: 76,7
	мін: 79	мін: 68
	макс: 90	макс: 83
	v, %: 5,9	v, %: 8,0
Життєздатність, %	середнє: 0,91	середнє: 0,81
	мін: 0,84	мін: 0,75
	макс: 0,97	макс: 0,90
	v, %: 5,4	v, %: 6,8
Довжина проростка (корінь + пагін, см)	середнє: 4,6 + 5,0	середнє: 3,9 + 4,6
	мін: 4,0 + 4,5	мін: 3,5 + 4,0
	макс: 5,0 + 5,5	макс: 4,5 + 5,0
	v, %: 5,7 + 5,0	v, %: 7,1 + 6,5

Коефіцієнти варіації ($V = 5,4\text{--}8,0\%$) вказують на чітку тенденцію залежності фізіологічних властивостей насіння від ступеня травмування та тривалості зберігання (табл. 6).

Отже, результати підкреслюють необхідність контролю травмування насіння за підготовки до зберігання для забезпечення високої посівної якості та продуктивності гороху.

Висновки. Збільшення тривалості зберігання насіння від одного до п'яти років призводить до суттєвого зниження посівних та фізіологічних показників. Для звичайного гороху (*Pisum sativum* L.) схожість насіння без травм знизилася з 88 ± 2 % до 72 ± 3 %, а енергія проростання – з 85 ± 2 % до 70 ± 3 %. Для спаржевого гороху (*Pisum tetragonolobus* L.) схожість зменшилася з 78 ± 3 % до 63 ± 4 %, а енергія проростання – з 76 ± 3 % до 61 ± 4 %.

Мікротравмоване насіння демонструє помірне зниження посівних якостей: схожість звичайного гороху знизилася з 82 ± 3 % до 65 ± 4 %, а енергія проростання – з 79 ± 3 % до 63 ± 4 %. Макротравми спричиняють найбільші втрати: схожість звичайного гороху після п'яти років зберігання становила лише 58 ± 5 %, а енергія проростання – 56 ± 5 %. У спаржевого гороху схожість макротравмованого насіння знизилася до 63 ± 4 %, енергія проростання – до 61 ± 4 %.

Життєздатність макротравмованого насіння зменшувалася з $0,88 \pm 0,03$ до $0,75 \pm 0,04$ у звичайного гороху та з $0,90 \pm 0,03$ до $0,78 \pm 0,04$ у спаржевого. Довжина проростків кореня та пагона зменшувалася на 0,5–1,0 см порівняно з мікротравмованим насінням. Найбільші значення спостерігалися у насіння без травм після одного року зберігання: корінь – 4,8–5,0 см, пагін – 5,2–5,5 см, а найменші – у макротравмованого насіння після п'яти років: корінь – 3,5–3,6 см, пагін – 4,0–4,2 см. Коефіцієнти варіації для схожості та енергії проростання коливалися від 3,3 % до 11,3 %, що свідчить про стабільність отриманих даних і достовірність експериментальних результатів.

Література:

1. Лінник Ю. О., Потьомкіна Л. М. Витривалість насіння сортів гороху до чинників зберігання та заморожування. *Селекція і насінництво*. 2010. Вип. 98. С. 228–237.
2. Дерев'янка Д. А., Сукманюк О. М., Дерев'янка О. Д. Травмування зернівок та режими підсушування при підготовленні насіння. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*. 2017. №27. Р. 18–24.
3. Ereifej K. I. Seed characteristics of wild legume (*Tetragonolobus palaestinus*) as compared with *lens culinaris* and *pisum sativum*. *International Journal of Food Properties*. 2004. №7(3). Р. 639–646.
4. Raai M. Naim. Growth, Physiological and Biochemical Responses of Winged Bean (*Psophocarpus Tetragonolobus*) Towards Different Shade Levels. MS thesis. University of Malaya, Malaysia, 2020.
5. Khan M. M., Iqbal M. J., Abbas M., Usman M. Effect of ageing on viability, vigour and chromosomal damage in pea (*Pisum sativum* L.) seeds. *Pakistan Journal of Agricultural Science*. 2003. №40(1–2). Р. 50–54.
6. Hollaway G. J., Bretag T. W., Price T. V. The epidemiology and management of bacterial blight (*Pseudomonas syringae* pv. *pisii*) of field pea (*Pisum sativum*) in Australia: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2007. №58(11). Р. 1086–1099.
7. Дерев'янка Д. Обґрунтування та теоретичні розрахунки впливу робочих елементів вібросепаратора на деформацію і травмування насіння. *Техніка і технології АПК*. 2014. №12. С. 12–16.

8. Погоріла Л. Г. Травмування насіння сої, його види та причини виникнення. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*. 2016. №1(24). Р. 180–186.

9. Новицька Н., Степаненко Ю. Якість насіння польових культур залежно від температурного режиму зберігання. 2014. С. 62.

10. Поспелов С. В., Поспелова Г. Д. Посівні якості насіння ехінацеї залежно від його травмування. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2015. №1. С. 113–125.

11. Паламарчук В. Д., Доронін В. А., Колісник О. М., Алексєєв О. О. *Основи насіннєзнавства (теорія, методологія, практика)*. Вінниця: Друкарня "Друк", 2022. 392 с.

12. Войтюк Д. Г., Теслюк В. В., Вечера О. М. Шляхи покращення процесу протруювання насіння сільськогосподарських культур. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2014. №196(1). С. 40–48.

13. Рожко І. І., Кулик М. І., Ракшєєв А. П. Вплив заходів післязбиральної доробки та передпосівної підготовки насіння на посівні якості та врожайність квасолі овочевої. *Український журнал природничих наук*. 2024. №10. С. 158–171.

14. Ivanov O. M., Simonov K. V. Теоретично-імовірнісний підхід до оцінки рівня травмування зерна при транспортуванні. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. №2. Р. 266–272.

15. International Seed Testing Association (ISTA). *International rules for seed testing 2023*. Bassersdorf, Switzerland: ISTA, 2023.

16. AOAC. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Gaithersburg: AOAC International, 2000.

17. ДСТУ 46.0.1:2006. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення хімічного складу зеленої маси. Київ: Держспоживстандарт України, 2006.

18. Рєзнік О. І. Особливості формування урожаю зернобобових культур. *Наукові основи ведення зернового господарства*. К.: Урожай, 1994. С. 70–78.

19. *Рослинництво. Лабораторно-практичні заняття: навчальний посібник* / За ред. М. Г. Городнього. 2-ге вид., перероб. і доп. К.: Вища школа, 1981. С. 117–120.

20. Білоножко М. А., Шевченко В. П., Алімов Д. М., Скрипльов О. Л., Шевчук О. Я., Куценко О. М. *Рослинництво: Інтенсивна технологія вирощування польових і кормових культур*. За ред. М. А. Білоножко. К.: Вища школа, 1990. С. 96–99.

21. Ермантраут Е. Р., Карпук Л. М., Вахній С. П. та ін. *Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб.* Біла Церква, 2018. 104 с.

22. Мельник Л. М., Синельникова Т. В. *Статистичні методи обробки експериментальних даних у сільському господарстві*. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2015. 240 с.

References:

1. Linnik, Y. O., Potyomkina, L. M. (2010). Resistance of pea seeds to storage and freezing factors. *Selection and Seed Science*, 98, 228–237. [in Ukrainian].

2. Derevyanko, D. A., Sukmanyuk, O. M., Derevyanko, O. D. (2017). Damage of kernels and drying regimes during seed preparation. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 27, 18–24. [in Ukrainian].

3. Ereifej, K. I. (2004). Seed characteristics of wild legume (*Tetragonolobus palaestinus*) as compared with *Lens culinaris* and *Pisum sativum*. *International Journal of Food Properties*, 7(3), 639–646.
4. Raai, M. N. (2020). Growth, physiological and biochemical responses of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) towards different shade levels (MS thesis). University of Malaya, Malaysia.
5. Khan, M. M., Iqbal, M. J., Abbas, M., Usman, M. (2003). Effect of ageing on viability, vigour and chromosomal damage in pea (*Pisum sativum* L.) seeds. *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 40(1–2), 50–54.
6. Hollaway, G. J., Bretag, T. W., Price, T. V. (2007). The epidemiology and management of bacterial blight (*Pseudomonas syringae* pv. *psii*) of field pea (*Pisum sativum*) in Australia: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58(11), 1086–1099.
7. Derevyanko, D. (2014). Justification and theoretical calculations of the effect of working elements of a vibroseparator on seed deformation and damage. *Technique and Technology of Agro-Industrial Complex*, 12, 12–16. [in Ukrainian].
8. Pohorila, L. H. (2016). Seed damage in soybean, its types and causes. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 1(24), 180–186. [in Ukrainian]
9. Novytska, N., Stepanenko, Y. (2014). Quality of field crop seeds depending on storage temperature regime. [in Ukrainian].
10. Pospyelov, S. V., Pospyelova, H. D. (2015). Sowing qualities of *Echinacea* seeds depending on their damage. *Bulletin of KhNAU. Series: Crop Production, Breeding and Seed Science, Horticulture and Storage*, 1, 113–125. [in Ukrainian].
11. Palamarchuk, V. D., Doronin, V. A., Kolisnyk, O. M., Alekseyev, O. O. (2022). Fundamentals of seed science (theory, methodology, practice). Vinnytsia: Druk. [in Ukrainian].
12. Voityuk, D. H., Teslyuk, V. V., Vechera, O. M. (2014). Ways to improve the seed dressing process of agricultural crops. *Scientific Bulletin of National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Technique and Energy of Agro-Industrial Complex*, 196(1), 40–48. [in Ukrainian].
13. Rozhko, I. I., Kulyk, M. I., Raksheyev, A. P. (2024). Influence of post-harvest processing and pre-sowing seed preparation on sowing qualities and yield of vegetable beans. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 10, 158–171. [in Ukrainian].
14. Ivanov, O. M., Simonov, K. V. (2021). Theoretical-probabilistic approach to assess the level of grain damage during transportation. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 266–272. [in Ukrainian].
15. International Seed Testing Association (ISTA). (2023). *International rules for seed testing 2023*. Bassersdorf, Switzerland: ISTA.
16. AOAC. (2000). *Official methods of analysis of AOAC International*. Gaithersburg: AOAC International.
17. DSTU 46.0.1:2006. *Agricultural crop seeds. Methods for determination of chemical composition of green mass*. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine. [in Ukrainian].
18. Reznik, O. I. (1994). Features of legume crop yield formation. *Scientific foundations of grain farming*. Kyiv: Urozhay, 70–78. [in Ukrainian]
19. Plant growing. Laboratory-practical classes. Edited by M. H. Horodnyi (2nd ed., revised and supplemented). Kyiv: Vyshcha Shkola, 1981, 117–120. [in Ukrainian].

20. Bilonozhko, M. A., Shevchenko, V. P., Alimov, D. M., Skryplov, O. L., Shevchuk, O. Ya., Kutsenko, O. M. (1990). Crop production: Intensive technology of growing field and forage crops / edited by M. A. Bilonozhko. Kyiv: Vyshcha Shkola, 96–99. [in Ukrainian].

21. Ermantraut, E. R., Karpuk, L. M., Vakhnij, S. P., et al. (2018). *Methods of scientific research in agronomy: textbook*. Bila Tserkva, 104 p. [in Ukrainian].

22. Melnyk, L. M., Synelnykova, T. V. (2015). *Statistical methods for processing experimental data in agriculture*. Lviv: LNU named after I. Franko, 240 p. [in Ukrainian].

Annotation

Kononenko L. M., Kamyanchenko D. I.

Influence of storage duration and seed injury on germination and physiological traits of different pea species

Aims. The aim of this study was to evaluate the effects of storage duration and the degree of seed injury on the germination and physiological characteristics of different pea species. The research focused on determining the patterns of changes in seed germination, vigor, viability, and seedling growth of common pea (*Pisum sativum* L.) and asparagus pea (*Pisum tetragonolobus* L.) under long-term storage conditions. The study aimed to identify how mechanical damage and prolonged storage interact to influence seed quality and to provide recommendations for effective storage management.

Methods. Seeds were stored for 1, 2, 3, and 5 years and categorized according to the degree of mechanical injury: intact (undamaged), micro-damaged, and macro-damaged seeds. Germination tests and assessments of seed vigor were conducted in accordance with ISTA (International Seed Testing Association) protocols, using rolled paper and Petri dishes at controlled temperature (20 ± 2 °C) and relative humidity (70 %). Statistical analysis included calculation of mean values, standard deviation (SD), minimum and maximum values, and coefficient of variation (V, %), allowing for evaluation of data reliability and variability.

Results. The results demonstrated that longer storage significantly reduced germination, vigor, and seedling growth, and that these effects were intensified by the degree of seed injury. Intact seeds maintained the highest germination rates (72–88 % for common pea, 73–78 % for asparagus pea) over five years, whereas micro- and macro-damaged seeds exhibited greater declines in performance. Macro-damaged seeds showed the most substantial reductions, with germination decreasing to 58 % in common pea and 63 % in asparagus pea after 5 years. Seedling root and shoot lengths also decreased by 0.5–1.0 cm in comparison to micro-damaged seeds. Coefficients of variation ranged from 3 to 11 %, indicating the reliability and consistency of experimental data.

Conclusions. The study confirms the significant influence of both storage duration and seed injury on the germination and physiological traits of pea seeds. Proper control of seed integrity during preparation and storage is essential for maintaining high seed quality and ensuring subsequent crop performance. The findings highlight the need for species-specific storage strategies that account for sensitivity to mechanical damage and prolonged storage periods, providing valuable guidance for seed conservation and agricultural management.

Key words: common pea, asparagus pea, storage duration, micro-damage, macro-damage, germination, seed vigor, seed viability