УДК 633.854.78:575.22:581.1
DOI: 10.32782/2415-8240-2025-107-1-399-409

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНА ОЦІНКА НАСІННЯ КУНЖУТУ ЗАЛЕЖНО ВІД РІЗНОГО СТУПЕНЯ ТРАВМУВАННЯ

Л. М. КОНОНЕНКО, *кандидат сільськогосподарських наук*
Уманський національний університет

У результаті дослідження встановлено, що травмування насіння кунжуту (Sesamum indicum L.) істотно впливає на його морфометричні, фізіолого-біохімічні показники та енергію проростання. Зі зростанням ступеня травмування розміри насіння зменшувалися: довжина – на 8–10 %, ширина – на 7–9 %, а маса 1000 насінин – на 15–18 % порівняно з контролем. Частка пошкоджених насінин зростала від 0 % у контролі до 24 % при сильному травмуванні. Встановлено, що схожість знижувалася на 20–25 %, а енергія проростання – на 27–30 %. Вміст олії у травмованому насінні зменшувався з 53,2 до 50,6 %, тоді як вологість дещо підвищувалася (з 6,1 до 6,6 %). Фізіологічні показники також реагували негативно: довжина корінця знижувалася з 4,83 до 3,10 см, проростка – з 5,20 до 3,50 см, маса сухої речовини зменшувалася на 42 %. Найвищу стійкість до травмування проявив сорт Кадет, який зберіг 78 % схожості та 51,2 % вмісту олії. Коефіцієнт варіації показників не перевищував 6 %, що свідчить про достовірність результатів.

Ключові слова*: *Sesamum indicum L механічні пошкодження, якість насіння, енергія проростання, вміст олії.

Вступ. Кунжут (*Sesamum indicum* L.) є однією з найбільш цінних олійних культур, насіння якої містить до 55 % олії високої харчової та технологічної цінності, білок, антиоксиданти та інші біологічно активні речовини. Збереження якісних властивостей насіння під час збирання, обробки та зберігання є ключовим фактором для забезпечення стабільної продуктивності та комерційної цінності культури.

Травмування насіння, що може виникати під час обмолоту, транспортування або механічної обробки, призводить до змін його морфометричних, фізіологічних та лабораторних показників. Проведені дослідження на інших культурах показали, що ступінь травмування насіння безпосередньо впливає на схожість, енергію проростання, вологість та вміст олії в насінні, а також на розвиток проростків у ранні фенофази [1].

Незважаючи на значну кількість даних про вплив механічних факторів на насіння олійних культур, мало уваги приділено систематичному вивченню ступеня травмування насіння кунжуту різних сортів української селекції та його наслідків для проростків і лабораторних показників якості. Це обумовлює актуальність проведеного дослідження, спрямованого на визначення взаємозв’язку між ступенем травмування та змінами морфометричних, фізіологічних і біохімічних характеристик насіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Травмування насіння є одним із найвагоміших чинників зниження його посівних якостей, енергії проростання та життєздатності. Пошкодження насіннєвої оболонки призводить до втрати захисної функції, внаслідок чого зародок і ендосперм стають сприятливим середовищем для розвитку патогенних мікроорганізмів. Уражене насіння демонструє зниження лабораторної схожості, уповільнення ростових процесів та неоднорідність сходів [2].

За даними І. Г. Строни, Д. А. Дерев'янка, О. П. Тарасенка та ін., ступінь травмування насіння під час обмолоту і доробки може сягати 20 % і більше, а в окремих культурах – навіть до 90–95 % [3, 4]. Значну частку пошкоджень забезпечують механічні процеси під час сушіння, транспортування, сепарування та обмолоту. При цьому інтенсивність травмування залежить не лише від технічних параметрів машин, а й від сортових особливостей насіння, його вологості, твердості й анатомічної структури [5].

Порушення цілісності насіннєвої оболонки призводить до погіршення обміну речовин, зокрема до зниження активності ферментів, зменшення вмісту білків, вуглеводів і ліпідів, а також підвищення рівня оксидативного стресу. Зафіксовано, що у травмованого насіння зростає інтенсивність дихання та вміст малонового діальдегіду - маркера перекисного окиснення ліпідів, що свідчить про пошкодження клітинних мембран [6].

Фізіолого-біохімічні наслідки травмування проявляються також у порушенні водного балансу й затримці процесів проростання: такі насінини сходять на 7–10 днів пізніше, а проростки мають знижений темп росту [7]. За результатами експериментів із соєю встановлено, що при підвищеній вологості насіння спостерігається переважно мікротравмування оболонки та сім'ядолей, тоді як при зниженій – макротравми з відокремленням частин насіннєвих структур. Частка таких пошкоджень коливалась у межах 8,5–27,6 % залежно від вологості насіння [8, 9].

Сучасні дослідження науковців спрямовані на пошук ефективних способів діагностики ступеня пошкодження. Одним із перспективних методів є мультиспектральний аналіз зображень, який дозволяє ідентифікувати механічні травми з точністю до 82–97 % та автоматично класифікувати насіння за рівнем ушкодження. Такий підхід значно підвищує об'єктивність оцінки насіннєвого матеріалу [10–13].

Окрім запобігання травмуванню, актуальним є застосування методів фізіологічної компенсації – передпосівне кондиціювання, використання біологічно активних речовин і антистресантів, які знижують наслідки механічних ушкоджень та активують репараційні процеси. Так, обробка травмованого насіння регуляторами росту або антиоксидантами (наприклад, саліциловою кислотою) сприяє стабілізації мембран та підвищенню схожості [14, 15].

Отже, ступінь травмування насіння є важливим діагностичним показником, який визначає фізіолого-біохімічний стан насіння, його стійкість до інфекцій і потенціал проростання. Для кунжуту, як і для інших олійних культур, вивчення цієї залежності має практичне значення, оскільки дозволяє

оптимізувати технології післязбиральної обробки та підвищити якість насіннєвого матеріалу.

Мета роботи – дослідити фізіолого-біохімічні показники насіння сортів кунжуту залежно від різного ступеня їх травмування.

Методика досліджень. Дослідження проведено на насінні трьох сортів кунжуту: Боярин, Кадет і Гусар Інституту олійних культур. Для аналізу використовували насіння одного врожаю, зібране з контрольних посівів без попередньої обробки. Експериментальні дослідження виконували на кафедрі рослинництва Уманського національного університету упродовж 2020–2024 рр.

Насіння піддавали механічному травмуванню різного ступеня: легке, середнє та сильне. Легке травмування – незначне пошкодження зовнішньої оболонки насінини, що включало поверхневе подряпання та легке стискання, при якому цілісність зародка зберігалась. Середнє травмування – пошкодження зовнішньої оболонки з частковим впливом на ендосперм або зародок. Сильне травмування – глибоке механічне ушкодження, що зачіпало зародок і внутрішні тканини насінини. Контрольний варіант не травмували. Ступінь травмування визначали за зміною розмірів насінин і часткою пошкоджених насінин.

Визначали довжину і ширину насінин (мм) за допомогою лінійки та цифрового мікроскопа. Маса 1000 насінин (г) визначалась за стандартним лабораторним методом шляхом зважування. Частка пошкоджених насінин (%) визначалась шляхом візуальної оцінки зразків та їх підрахунку [16, 17]. Оцінювали схожість (%) і енергію проростання (%) згідно з методикою ISTA, на 4-ту та 10-ту добу проростання у Petri-пластинах на вологому фільтрувальному папері при температурі 25 ± 1 °C. [18, 19]. Вологість насіння визначали методом сушіння при 105 °C до постійної маси. Вміст олії (%) вимірювали за методом Сокслета [20]. Довжину корінця та проростка (см) визначали після 10 діб проростання. Масу сирої та сухої речовини проростків (мг) оцінювали шляхом зважування проростків до і після сушіння при 105 °C до постійної маси [21, 22].

Отримані дані обробляли методом дисперсійного аналізу, розраховували середні значення та середньоквадратичні відхилення. Для визначення статистичної достовірності різниць між варіантами використовували критерій при рівні значущості SD – стандартне відхилення, CV – коефіцієнт варіації. Позначки (a, b, c, d) показують статистично достовірні відмінності між варіантами травмування ($p < 0,05$, тест Тьюкі) [23].

Результати досліджень. Експериментально підтверджено, що травмування насіння спричиняло поступове зменшення розмірів насінин і маси 1000 насінин у всіх сортів. Найменше зниження відзначено за легкого травмування (на 2–3 %), тоді як сильне призводило до втрати маси на 15–18 % порівняно з контролем.

Встановлено, що травмування насіння призводило до поступового зменшення розмірів насінин та маси 1000 насінин у всіх сортів. Легке травмування спричинило незначне зниження довжини та ширини насінин на 1–2 %, тоді як середнє і сильне – на 4–10 % і 7–15 % відповідно. Зі збільшенням ступеня травмування насіння відзначалося зниження довжини та ширини

насінини на ~8–10 % та маси 1000 насінин на 16–18 % у сильному варіанті (табл. 1).

Табл. 1. Морфометричні показники насіння кунжуту після різного ступеня травмування,

Сорт	Варіант травмування	Довжина насінини, мм	Маса 1000 насінин, г	Частка пошкоджених, %
Боярин	Контроль	3,52 ± 0,03 [a]	3,10 ± 0,04 [a]	0 [a]
	Легке	3,45 ± 0,04 [ab]	3,02 ± 0,05 [ab]	5 [b]
	Середнє	3,33 ± 0,03 [bc]	2,85 ± 0,06 [bc]	12 [c]
	Сильне	3,21 ± 0,04 [c]	2,61 ± 0,05 [c]	23 [d]
Кадет	Контроль	3,60 ± 0,03 [a]	3,18 ± 0,04 [a]	0 [a]
	Легке	3,54 ± 0,04 [ab]	3,10 ± 0,05 [ab]	4 [b]
	Середнє	3,40 ± 0,03 [bc]	2,88 ± 0,06 [bc]	11 [c]
	Сильне	3,27 ± 0,04 [c]	2,63 ± 0,05 [c]	22 [d]
Гусар	Контроль	3,48 ± 0,03 [a]	3,05 ± 0,04 [a]	0 [a]
	Легке	3,41 ± 0,04 [ab]	2,97 ± 0,05 [ab]	5 [b]
	Середнє	3,28 ± 0,03 [bc]	2,81 ± 0,06 [bc]	13 [c]
	Сильне	3,17 ± 0,04 [c]	2,58 ± 0,05 [c]	24 [d]

Примітка: різні літери позначають значення, які суттєво відрізняються в межах одного стовця відповідно до результатів тесту Тьюкі ($P < 0,05$).

Найбільша частка пошкоджених насінин спостерігалася при сильному травмуванні (23–24 %), що відображає залежність ступеня механічного впливу від фізіологічної стійкості сорту. Частка пошкоджених насінин зростала від 0 % у контролі до 23–24 % при сильному травмуванні**.**

Досліджено, що сортові відмінності були незначні, проте Кадет і Боярин мали трохи більші насінини за всіх варіантів обробки порівняно з Гусаром. Ці дані підтверджують, що механічне травмування суттєво впливає на первинні морфометричні параметри насіння (табл. 1).

Аналіз статистичних показників морфометрії насіння кунжуту показав чітку залежність між ступенем травмування та зміною розмірів і маси насіння. У всіх сортів середнє значення довжини насінини зменшувалося зі збільшенням ступеня травмування: наприклад, у сорту Боярин довжина насінини знизилась від 3,52 мм у контролі до 3,21 мм при сильному травмуванні, що становить зменшення на 8,8 %. Стандартне відхилення залишалося невеликим (0,03–0,04 мм), що свідчить про стабільність вимірювань. Коефіцієнт варіації зростав із посиленням травмування, відображаючи більшу неоднорідність насіння у сильно травмованих варіантах.

Встановлено, що маса 1000 насінин також зменшувалася зі зростанням травмування: у сорту Кадет з 3,18 г у контролі до 2,63 г при сильному впливі, тобто на 17,3 %. Частка пошкоджених насінин зростала пропорційно ступеню травмування, досягаючи максимальних значень 23–24 % у сильно травмованих варіантах (табл. 2).

Табл. 2. Морфометричні показники насіння кунжуту після різного ступеня травмування (Mean ± SD)

Варіант травмування	Довжина насінини, мм	Ширина, мм	Маса 1000 насінин, г	Частка пошкоджених, %
Контроль	3,53 ± 0,04	2,12 ± 0,02	3,11 ± 0,05	0,0 ± 0,0
Легке	3,47 ± 0,04	2,08 ± 0,02	3,03 ± 0,04	4,7 ± 0,6
Середнє	3,34 ± 0,05	2,03 ± 0,02	2,86 ± 0,05	12,0 ± 0,6
Сильне	3,22 ± 0,05	1,96 ± 0,01	2,61 ± 0,05	23,0 ± 1,0

Подібні тенденції спостерігалися у всіх трьох сортах (Боярин, Кадет, Гусар), що свідчить про системну відповідь насіння кунжуту на механічне ушкодження.

Таким чином, статистичні показники доводять, що травмування суттєво впливає на морфометричні характеристики насіння, підвищуючи їх варіабельність та частку пошкоджених одиниць, що може негативно позначатися на подальшій схожості та розвитку проростків.

Проведені дослідження вказують, що зі зростанням ступеня травмування спостерігалося поступове зниження схожості та енергії проростання насіння. У сильно травмованих зразках схожість знизилася на 20–25 %, а енергія проростання – на 27–30 % порівняно з контролем. Вологість насіння залишалася практично стабільною (6,0–6,7 %), тоді як вміст олії знижувався на 2–4 % у міру підвищення травмування (табл. 3).

Табл. 3. Лабораторні показники якості насіння кунжуту залежно від ступеня травмування

Сорт	Варіант травмування	Схожість, %	Енергія проростання, %	Вологість, %	Вміст олії, %
Боярин	Контроль	94 ± 1,6	89 ± 1, 5	6,1 ± 0,05	53,2 ± 0,3
	Легке	90 ± 1,8	85 ± 1,7	6,2 ± 0,06	52,8 ± 0,3
	Середнє	82 ± 2,1	76 ± 2,0	6,3 ± 0,07	51,9 ± 0,3
	Сильне	70 ± 2,4	62 ± 2,2	6,5 ± 0,09	50,7 ± 0,4
Кадет	Контроль	95 ± 1,5	91 ± 1,4	6,0 ± 0.05	54,1 ± 0,3
	Легке	91 ± 1,7	86 ± 1,6	6,1 ± 0,06	53,6 ± 0,3
	Середнє	84 ± 2,0	77 ± 1,9	6,3 ± 0,07	52,5 ± 0,3
	Сильне	72 ± 2,3	65 ± 2,1	6,6 ± 0,09	51,2 ± 0,4
Гусар	Контроль	93 ± 1,6	88 ± 1,5	6,2 ± 0,05	52,9 ± 0,3
	Легке	88 ± 1,8	83 ± 1,7	6,3 ± 0,06	52,4 ± 0,3
	Середнє	80 ± 2,1	74 ± 2,0	6,4 ± 0,07	51,3 ± 0,3
	Сильне	68 ± 2,4	60 ± 2,2	6,7 ± 0,09	50,0 ± 0,4

Серед сортів Кадет мав найвищу схожість та вміст олії за всіх варіантів травмування, що свідчить про його більшу стійкість до механічного

пошкодження. Ці результати підкреслюють, що травмування негативно впливає на якість насіння кунжуту, зокрема на його схожість і енергетику проростання, що є критичними показниками для селекційної роботи та посівної придатності. Встановлено, що лабораторні показники насіння знижувалися пропорційно ступеню травмування. Схожість та енергія проростання зменшились на 25 % та 30 % відповідно у сильно травмованих зразках.

Вміст олії знизився на 2,8 %**,** що свідчить про деградацію запасних речовин при сильному пошкодженні (табл. 3).

Табл. 3. Статистика лабораторних показників насіння кунжуту за ступенем травмування

Пакозник	Варіант травмування			
	Контроль	Легке	Середнє	Сильне
Схожість, % (середнє ± SD)	94,0 ± 1,0	89,7 ± 1,5	82,0 ± 2,0	70,0 ± 2,0
CV, %	1,1	1,7	2,4	2,9
Енергія проростання, % (середнє ± SD)	89,3 ± 1,5	84,7 ± 1,5	75,7 ± 1,5	62,3 ± 2,5
CV, %	1,7	1,8	2	4
Вологість, % (середнє ± SD)	6,1 ± 0,1	6,2 ± 0,1	6,3 ± 0,1	6,6 ± 0,2
CV, %	1,6	1,6	1,6	3
Вміст олії, % (середнє ± SD)	53,4 ± 0,6	52,9 ± 0,4	52,2 ± 0,6	50,6 ± 0,6
CV, %	1,1	0,8	1,2	1,2

Проведені статистичні розрахунки лабораторних показників насіння кунжуту показали чітку залежність між ступенем травмування та якістю насіння. Так, схожість та енергія проростання знижувались пропорційно до ступеня травмування: середня схожість насіння у сильно травмованих варіантах впала до 70 %, енергія проростання – до 62 %. Вологість насіння збільшувалась із підвищенням травмування, від 6,1 % у контролі до 6,6 % у сильно травмованих зразках. Вміст олії зменшувався на 2–3 % порівняно з контролем, досягаючи мінімуму 50,6 % у сильно травмованих насінин (табл. 4). Статистичний аналіз показав відносно низьку варіабельність вимірювань (CV від 0,8 до 4 %), що свідчить про достовірність отриманих результатів.

Отже, найбільш чутливими показниками до травмування виявились схожість та енергія проростання насіння, що підкреслює їхню важливість для оцінки якості насіння кунжуту після механічного впливу. Дані свідчать про значне пригнічення росту проростків із підвищенням ступеня травмування насіння. Так, довжина корінця та проростка знизилась на 35 %**,** маса сирої речовини – на 33 %, маса сухої речовини – на 42 % у сильному варіанті порівняно з контролем.Стандартне відхилення низьке, що підтверджує стабільність результатів між сортами.

Встановлено, що травмування насіння призводило до зменшення довжини корінця та проростка, а також до зниження маси сирої і сухої речовини проростків. Легке травмування зменшувало довжину проростка на 5–8 %, середнє – на 15–18 %, сильне – на 30–35 % порівняно з контролем. Схожа тенденція спостерігалася для маси проростків: сильне травмування знижувало масу сухої речовини майже вдвічі. Дані свідчать, що травмування насіння суттєво знижує фізіологічну активність проростків, що може негативно впливати на розвиток рослини на початкових етапах. Сортові відмінності також присутні: Боярин і Кадет демонстрували трохи більші розміри та масу проростків, ніж Гусар, що може відображати їх більшу стійкість до механічного стресу.

Досліджено, що ступінь травмування насіння кунжуту істотно впливав на фізіологічні показники проростків. Довжина корінця знижувалась від 4,83 см у контролі до 3,10 см у сильно травмованих насінин, що свідчить про пригнічення росту кореневої системи. Довжина проростка зменшувалась із 5,20 см до 3,50 см, при цьому зниження було пропорційним ступеню травмування (табл. 5).

Табл. 5. Фізіологічні показники проростків кунжуту після травмування насіння (M ± SD)

Сорт	Варіант травмування	Довжина корінця, см	Довжина проростка, см	Маса сирої речовини, мг	Маса сухої речовини, мг
Боярин	Контроль	4,8 ± 0,2	5,2 ± 0,2	46 ± 1,2	10 ± 0,3
	Легке	4,4 ± 0,2	4,9 ± 0,2	44 ± 1,3	9 ± 0,3
	Середнє	3,9 ± 0,2	4,3 ± 0,2	38 ± 1,4	8 ± 0,4
	Сильне	3,1 ± 0,3	3,5 ± 0,2	31 ± 1,5	6 ± 0,4
Кадет	Контроль	5,0 ± 0,2	5,3 ± 0,2	48 ± 1,3	11 ± 0,3
	Легке	4,6 ± 0,2	5,0 ± 0,2	45 ± 1,4	10 ± 0,3
	Середнє	4,0 ± 0,2	4,4 ± 0,2	39 ± 1,5	8 ± 0,4
	Сильне	3,2 ± 0,3	3,6 ± 0,2	32 ± 1,6	6 ± 0,4
Гусар	Контроль	4,7 ± 0,2	5,1 ± 0,2	45 ± 1,3	10 ± 0,3
	Легке	4,3 ± 0,2	4,8 ± 0,2	42 ± 1,4	9 ± 0,3
	Середнє	3,8 ± 0,2	4,2 ± 0,2	37 ± 1,5	8 ± 0,4
	Сильне	3,0 ± 0,3	3,4 ± 0,2	30 ± 1,6	6 ± 0,4

Маса сирої та сухої речовини проростків зменшувалась у середньому на 33–40 % порівняно з контролем у сильно травмованих насінин, що відображає зменшення біомаси проростків (табл. 5). Експериментально встановлено, що коефіцієнт варіації був відносно низьким (1,5–6,5 %), що вказує на достовірність вимірювань. Найбільш чутливими до травмування насіння показниками виявились довжина корінця та маса сухої речовини проростків, що дозволяє оцінити ефективність та ступінь пошкодження насіння кунжуту після механічного впливу.

Дослідженнями підтверджено, що зі збільшенням травмування насіння зменшувалась довжина проростків і маса сирої та сухої речовини. Найвищі

показники мала насіння сорту Кадет, що свідчить про його більшу фізіологічну стійкість до пошкоджень (табл. 6).

Табл. 6. Статистичні показники фізіології проростків кунжуту залежно від ступеня травмування насіння

Показник	Варіант травмування			
	Контроль	Легке	Середнє	Сильне
Довжина корінця, см (середнє ± SD)	4,83 ± 0,12	4,43 ± 0,12	3,90 ± 0,10	3,10 ± 0,11
CV, %	2,5	2,7	2,5	3,5
Довжина проростка, см (середнє ± SD)	5,20 ± 0,08	4,90 ± 0,11	4,30 ± 0,11	3,50 ± 0,11
CV, %	1,5	2,2	2,6	3,1
Маса сирої речовини, мг (середнє ± SD)	46,3 ± 1,2	43,7 ± 1,5	38,0 ± 0,6	31,0 ± 1,0
CV, %	2,6	3,5	1,6	3,2
Маса сухої речовини, мг (середнє ± SD)	10,3 ± 0,6	9,3 ± 0,6	8,0 ± 0,0	6,0 ± 0,0
CV, %	5,8	6,5	0	0

Висновки. Травмування насіння зменшувало довжину проростка на 1–10 % і масу 1000 насінин до 2,63 г (-17,3 %). Частка пошкоджених насінин зростала від 0 % до 24 % залежно від ступеня травмування. Легке травмування знижувало посівну якість незначно (2–3 %), сильне – суттєво (25–30 %). Вміст олії зменшувався з 53,2 % до 50,6 % (2,6 %), а вологість зростала до 6,6 %. Довжина корінця та проростка знижувалася на 33–36 %, маса сухої речовини - на 42 %. Найчутливішими показниками виявилися довжина проростка та маса сухої речовини. Сорт Кадет відзначався найвищою стійкістю (схожість 78 %, енергія проростання 72 %).

Література:

1. Новицька Н. В. Шляхи зниження негативних наслідків травмування насіння. *Наук. вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Сер. Агрономія*. 2012. №176. С. 40–45.

2. Головач І. В., Дерев'янко Д. А., Дерев'янко О. Д. Травмування насіння при підсушуванні технічними засобами. *Всеукр. наук.-техн. журн.* 2017. С. 78–82.

3. Кирпа М. Я., Базілєва Ю. С. Особливості травмування насіння кукурудзи та методи його попередження. *Бюл. Ін-ту зернового господарства*. 2011. №40. С. 60–63.

4. Герасимчук Ю. В., Сахневич В. Г. Перспективи використання електричного поля для зниження травмування насіння в процесах передпосівної підготовки. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2012. №96. С. 444–453.

5. Дерев'янко Д. Обґрунтування та теоретичні розрахунки впливу робочих елементів вібросепаратора на деформацію і травмування насіння. *Техніка і технології АПК*. 2014. №12. С. 12–16.

6. Бабій А. В., Бабій М. В., Кучвара І. М. Аналіз причин травмування зернового матеріалу при збиранні та транспортуванні. *Technical service of agriculture, forestry and transport systems.* 2018. №11. С. 27–34.

7. Скоромний С. В., Зінченко Б. М. Передпосівне поліпшення якості насіння сої з використанням стресових факторів. *Матеріали міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів*. Харків, 2005. С. 39.

8. Черенков А. В., Артеменко С. Ф., Ільєнко О. В. Сортова реакція сої різних груп стиглості на способи сівби і норми висіву при різних погодних умовах. *Корми і кормовиробництво*. 2003. №51. С. 114–116.

9. Sukhanova M., Khasanov E., Butenko A., Fayzrakhmanov S., Fayzullin R. Damage to seeds by screw working bodies. *Heliyon*. 2023. Vol. 9(8). DOI:10.1016/j.heliyon.2023.e18973

10. Singh V. K., Seed T. M. Pharmacological management of ionizing radiation injuries: current and prospective agents and targeted organ systems. *Expert Opinion on Pharmacotherapy.* 2020. Vol. 21(3). P. 317–337.

11. Jaques L. B., Coradi P. C., Rodrigues H. E. та ін. Post-harvesting of soybean seeds – engineering, processes technologies, and seed quality: a review. *International Agrophysics*. 2022. Vol. 36(2). P. 59–81.

12. Salimi Z., Boelt B. Classification of processing damage in sugar beet (*Beta vulgaris*) seeds by multispectral image analysis. *Sensors*. 2019. Vol. 19(10). 2360.

13. Ma F., Wang J., Liu C. та ін. Discrimination of kernel quality characteristics for sunflower seeds based on multispectral imaging approach. *Food Analytical Methods*. 2015. Vol. 8(7). P. 1629–1636.

14. Ali I., Wang X., Tareen M. J. та ін. Foliar application of salicylic acid at different phenological stages of peach fruit cv. 'Flordaking' improves harvest quality and reduces chilling injury during low temperature storage. *Plants*. 2021. Vol. 10(10). 1981.

15. Delfan F., Shahbazi F., Esvand H. R. Impact damage to chickpea seeds during free fall. *International Agrophysics*. 2023. Vol. 37(1). P. 41–49.

16. International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing (ISTA Rules 2023)**.** Bassersdorf, Switzerland: ISTA, 2023. 340 p.

17. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості**.** Київ: Держстандарт України, 2003. 173 с.

18. Soxhlet F. Method for determining fat content in seeds and products. Chemiker-Zeitung. 1879. № 105. P. 226–229.

19. Гришко В. М., Коваленко О. М., Таран Н. Ю. Методи фізіолого-біохімічних досліджень рослин**.** Київ: Фітосоціоцентр, 2016. 320 с.

20. Лебідь Є. М., Кондратюк С. Я. Методика проведення лабораторних досліджень з насінням сільськогосподарських культур**.** Харків: ХНАУ, 2012. 112 с.

21. ДСТУ ISO 5725-2 : 2005. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювань. Частина 2. Основний метод визначення повторюваності та відтворюваності стандартного методу вимірювання. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 36 с.

22. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Терміни та визначення**.** Київ: Держстандарт України, 1994. 18 с.

23. Snedecor G. W., Cochran W. G. Statistical Methods**.** 8th ed. Ames: Iowa State University Press, 1989. 503 p.

References:

1. Novytska, N. V. (2012). Ways to reduce the negative effects of seed injury. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Agronomy Series*, (176), 40–45. [in Ukrainian].

2. Holovach, I. V., Derevyanko, D. A., & Derevyanko, O. D. (2017). Seed injury during drying by technical means. *All-Ukrainian Scientific and Technical Journal*, 78–82. [in Ukrainian].

3. Kyrpa, M. Ya., & Bazilieva, Yu. S. (2011). Features of corn seed injury and methods of its prevention. *Bulletin of the Institute of Grain Farming*, (40), 60–63. [in Ukrainian].

4. Herasymchuk, Yu. V., & Sakhnevych, V. H. (2012). Prospects for using an electric field to reduce seed injury during pre-sowing preparation. *Mechanization and Electrification of Agriculture*, (96), 444–453. [in Ukrainian].

5. Derevyanko, D. (2014). Theoretical justification and calculations of the influence of vibroseparator working elements on seed deformation and injury. *Technics and Technologies of the Agro-Industrial Complex*, (12), 12–16. [in Ukrainian].

6. Babii, A. V., Babii, M. V., & Kuchvara, I. M. (2018). Analysis of causes of grain material injury during harvesting and transportation. *Technical Service of Agriculture, Forestry and Transport Systems*, (11), 27–34. [in Ukrainian].

7. Skoromnyi, S. V., & Zinchenko, B. M. (2005). Pre-sowing improvement of soybean seed quality using stress factors. *Proceedings of the International Scientific Conference of Students and Postgraduates*, 39. Kharkiv. [in Ukrainian].

8. Cherenkov, A. V., Artemenko, S. F., & Ilienko, O. V. (2003). Variety response of soybean maturity groups to sowing methods and seeding rates under different weather conditions. *Feeds and Feed Production*, (51), 114–116. [in Ukrainian].

9. Sukhanova, M., Khasanov, E., Butenko, A., Fayzrakhmanov, S., & Fayzullin, R. (2023). Damage to seeds by screw working bodies. *Heliyon*, 9(8). DOI:10.1016/j.heliyon.2023.e18973

10. Singh, V. K., & Seed, T. M. (2020). Pharmacological management of ionizing radiation injuries: current and prospective agents and targeted organ systems. *Expert Opinion on Pharmacotherapy*, 21(3), 317–337.

11. Jaques, L. B., Coradi, P. C., Rodrigues, H. E., et al. (2022). Post-harvesting of soybean seeds – engineering, process technologies, and seed quality: a review. *International Agrophysics*, 36(2), 59–81.

12. Salimi, Z., & Boelt, B. (2019). Classification of processing damage in sugar beet (*Beta vulgaris*) seeds by multispectral image analysis. *Sensors*, 19(10), 2360.

13. Ma, F., Wang, J., Liu, C., et al. (2015). Discrimination of kernel quality characteristics for sunflower seeds based on multispectral imaging approach. *Food Analytical Methods*, 8(7), 1629–1636.

14. Ali, I., Wang, X., Tareen, M. J., et al. (2021). Foliar application of salicylic acid at different phenological stages of peach fruit cv. 'Flordaking' improves harvest quality and reduces chilling injury during low temperature storage. *Plants*, 10(10), 1981.

15. Delfan, F., Shahbazi, F., & Esvand, H. R. (2023). Impact damage to chickpea seeds during free fall. *International Agrophysics*, 37(1), 41–49.

16. International Seed Testing Association. (2023). *International Rules for Seed Testing (ISTA Rules 2023).* Bassersdorf, Switzerland: ISTA.

17. State Standard of Ukraine. (2003). *DSTU 4138-2002. Seeds of agricultural crops. Methods of quality determination.* Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. [in Ukrainian].

18. Soxhlet, F. (1879). Method for determining fat content in seeds and products. *Chemiker-Zeitung,* (105), 226–229.

19. Hryshko, V. M., Kovalenko, O. M., & Taran, N. Yu. (2016). *Methods of physiological and biochemical research of plants.* Kyiv: Phytosociocenter. [in Ukrainian].

20. Lebid, Ye. M., & Kondratiuk, S. Ya. (2012). *Methods of conducting laboratory studies on seeds of agricultural crops.* Kharkiv: KhNAU. [in Ukrainian].

21. State Standard of Ukraine. (2006). *DSTU ISO 5725-2:2005. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2. Basic method for determining repeatability and reproducibility.* Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian].

22. State Standard of Ukraine. (1994). *DSTU 2240-93. Seeds of agricultural crops. Terms and definitions.* Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. [in Ukrainian].

23. Snedecor, G. W., & Cochran, W. G. (1989). *Statistical Methods* (8th ed.). Ames: Iowa State University Press.

Annotation

Kononenko L. M.

Physiological and biochemical evaluation of sesame seeds depending on the degree of mechanical damage

Aims. *The study aimed to investigate the physiological and biochemical parameters of sesame (*Sesamum indicum *L.) seeds of different cultivars depending on the degree of mechanical injury. The research was conducted at Uman National University.*

Methods. *Seed injury levels were simulated mechanically, and the degree of damage was assessed by measuring seed length, width, and the proportion of visibly damaged seeds. The 1000-seed weight, germination percentage, and germination energy were determined according to ISTA methods. Seed moisture content was measured by drying at 105 °C, and oil content was analyzed using the Soxhlet method. Seedling growth parameters (root and shoot length, fresh and dry biomass) were measured after 10 days of germination. Data were statistically processed using, Tukey's test ($p < 0.05$), and correlation analysis.*

Results. *With increasing injury intensity, seed length decreased by 8–10%, width by 7–9%, and 1000-seed weight by 15–18%. The proportion of damaged seeds increased from 0% to 24%. Germination decreased by 20–25%, and germination energy by 27–30%. Oil content declined from 53.2% to 50.6%, while seed moisture slightly increased (6.1% to 6.6%). Root length decreased from 4.83 to 3.10 cm, shoot length from 5.20 to 3.50 cm, and dry biomass by 42%.*

Conclusions. *Seed injury reduced seedling length by 1–10% and the thousand-seed weight to 2.63 g (-17.3%). The proportion of damaged seeds increased from 0% to 24% depending on the degree of injury. Mild injury reduced seed quality slightly (2–3%), whereas severe injury caused a substantial decrease (25–30%). The oil content decreased from 53.2% to 50.6% (2.6%), while moisture increased to 6.6%. The length of the radicle and seedling decreased by 33–36%, and dry matter weight by 42%. The most sensitive indicators were seedling length and dry matter weight. The cultivar Kadet showed the highest tolerance (germination 78%, germination energy 72%).*

Key words: *Sesamum indicum L., mechanical injury, seed quality, germination energy, oil content*