

Дослідження механіко-технологічних властивостей насінневих плодів овоче-баштанних культур

Анотація. Аналіз літературних джерел свідчить, що виробництво насінневого матеріалу овоче-баштанних культур є однією з важливих проблем, яке існує в галузі переробки сільськогосподарської продукції. Актуальним питанням є отримання насіння огірка та дині з погляду на обсяги їх вирощування в Україні. Для дослідження процесів подрібнення плодів та отримання насіння у сільському господарстві ключовими параметрами є динамічний коефіцієнт тертя, коефіцієнт об'ємної деформації та коефіцієнт статичного навантаження, але існуючі методи та обладнання обмежуються визначенням граничних значень показників, не дозволяючи повноцінне вивчення динаміки змін властивостей на різних етапах технологічного процесу. Для вирішення цього, пропонується розробка нових методик, зокрема використання комп'ютерного моделювання, що дозволить детальніше вивчити та оптимізувати фізико-механічні властивості та їх зміни. Метою статті було провести дослідження фізико-механічних властивостей плодів овочевих культур, які мають найбільший вплив на якість технологічного процесу подрібнення насіння плодів та попереднього отримання насіння. Дослідження проводилося в проблемній науково-дослідній лабораторії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету. Використовувалися експериментальні установки для визначення динамічного коефіцієнта тертя насіння дині та огірка, прилад для визначення початкової щільності насінневих плодів та прилад для визначення залежності деформації насіння від стискаючого навантаження. Експериментальні дані свідчать, що найоптимальніші показники статичного коефіцієнта тертя в залежності від виду поверхні для насінників огірка та дині є перфоровані решета, значення яких відповідно складають – 0,75 та 0,85. Оптимальні значення показників динамічних коефіцієнтів тертя для огірка має поверхня з перфорованого решета – 0,69 та для дині з алюмінію – 0,88. Залежність лінійної деформації насінневих плодів від питомого тиску збільшується з 0,9 до 3,6. Значення деформації плоду від стискаючого навантаження змінюються в межах від 4,1 до 24,6. Дослідження, що наведені в статті мають практичне значення і можуть бути використані в галузі сільськогосподарського виробництва та при розробці нових інженерних рішень

Ключові слова: насінник; експериментальні дослідження; поверхня; залежність

Вступ

Світовий ринок сільськогосподарських технологій постійно розвивається. Країни з розвинутим сільським господарством активно використовують механізовані та автоматизовані процеси для підготовки насіння, що призводить до підвищення продуктивності та зниження витрат. В Україні, з урахуванням її аграрного потенціалу та ролі в світовому агросекторі, важливо вдосконалювати технології вибору та підготовки насіння овоче-баштанних культур. Це дозволить підняти якість та ефективність виробництва, забезпечуючи стабільність в аграрному секторі та сприяючи зростанню конкурентоспроможності української продукції на світовому ринку.

Виробництво насінневого матеріалу овоче-баштанних культур є однією з важливих проблем, що існує в галузі переробки сільськогосподарської продукції. Питання, яке стосується отримання насіння огірка та дині стоїть досить гостро, з погляду на обсяги їх вирощування в Україні (Navrysh *et al.*, 2022). Невід'ємною частиною розробки технології та технологічного обладнання для отримання насіння є дослідження фізико-механічних і розмірно-масових характеристик насінневих плодів та насіння овоче-баштанних культур (Fang *et al.*, 2020). Сукупність якостей насінневих плодів і насіння овоче-баштанних культур є важливим підґрунтям при проектуванні робочих органів і машини в цілому. Технологічне

обладнання, що забезпечує механізований процес отримання насіння дині та огірка, передбачає не тільки його теоретичне обґрунтування з метою правильного вибору форм, конструкцій машини та робочих органів, але і проведення експериментальних досліджень з метою підтвердження теоретичних передумов (Pathania *et al.*, 2022).

V. Shebanin *et al.* (2019) зазначають, що для дослідження процесів подрібнення плодів і отримання насіння досить важливо знати такі показники як динамічний коефіцієнт тертя, коефіцієнт об'ємної деформації насінневого плоду і коефіцієнт статичного навантаження (зусилля на роздавлювання). Y. Yang *et al.* (2021) при вивченні фізико-механічних властивостей матеріалів для дослідження та оптимізації технологічних процесів, виявили, що більшість існуючих методик та лабораторного обладнання націлені на визначення критичних значень відповідних параметрів. Але ці засоби дослідження не завжди надають можливості для глибокого аналізу закономірностей та встановлення зв'язків між зусиллям деформації та самою деформацією, особливо в контексті різних етапів технологічного процесу, наприклад, подрібнення насінневих плодів овочів та баштанних культур.

У світлі необхідності підвищення ефективності виробництва насіння овоче-баштанних культур, важливим завданням стає модернізація та вдосконалення подрібнювача насінневих плодів та іншого технологічного обладнання. Сучасні вимоги до якості насіння та технологічні стандарти вимагають відповідності виробничого процесу. З метою зменшення втрат насіння та підвищення його якості, Z. Stropiek & K. Gołacki (2020) зацентували увагу на дослідженні та впровадженні новітніх рішень у технологічній сфері, що дозволить оптимізувати виробничі процеси та забезпечити конкурентоспроможність на ринку. Крім того, J. Hou *et al.* (2021) наголошують, що сучасні тенденції у сільському господарстві визначають підвищений попит на високоякісне насіння для досягнення оптимальних врожаїв.

Отже, вдосконалення технічних характеристик та функціоналу обладнання для обробки насіння має стратегічне значення для виробників. Крім того, в контексті сталого розвитку, зменшення втрат у технологічному процесі може також внести свій внесок у зменшення витрат ресурсів та підвищення екологічної ефективності виробництва. Такі покращення можуть сприяти не лише підвищенню ефективності виробництва, але й забезпечити сталість та конкурентоспроможність у галузі вирощування овочів та баштанних культур. Нераціональні режими роботи машин для подрібнення насіння овоче-баштанних культур призводять до зниження якості посівного матеріалу та безповоротних втрат насіння, вимагаючи виявлення та вирішення конструктивних недоліків і вдосконалення технологічного процесу. Мета дослідження полягала у проведенні вивчення фізико-механічних характеристик плодів овочевих культур, фокусуючись на параметрах, що найбільше впливають на якість технологічного процесу подрібнення насіння та попереднього вилучення насіння. Для досягнення поставленої мети виконано такі завдання: аналіз впливу фізико-механічних параметрів насіння; розробка експериментального підходу; визначення оптимальних параметрів для технологічного процесу.

Матеріали та методи

Проведене дослідження відповідає етичним нормам і дотримується Convention on Biological Diversity (Secretariat of the..., 2011). Визначення розмірно-масових характеристик насінників та насіння проводилися в завершальний період збирання плодів огірка та дині, коли насіння досягло своєї дозрілості. Саме у цей період – їх біологічної стиглості, доцільно проводити дослідження. Довжина плодів та діаметр плодів визначалися за допомогою штангенциркуля ШЦ-1 з ціною поділки 0,05 мм. Маса плодів визначалася на терезах з точністю до 1 г (Рис. 1; Рис. 2) (DSTU 8439:2015, 2017). Насіння таких культур як огірок та диня за розмірно-масовими характеристиками подібне між собою (Ternavskiy *et al.*, 2022). Про це свідчать результати його дослідження, основні узагальнені статистичні показники яких приведені в Таблицях 1, 2. Всі експериментальні дані статистично оброблялися, при цьому точність досліду приймалася рівною 5%, а довірчий інтервал – 0,95 (Devi & Mani, 2017).



Рисунок 1. Визначення розмірно-масових характеристик насінників та насіння плодів дині

Джерело: авторське фото



Рисунок 2. Визначення розмірно-масових характеристик насінників та насіння огірків

Джерело: авторське фото

Таблиця 1. Зведені розмірно-масові характеристики насіння дині та огірка

Культура, сорт	Довжина, L, см			Ширина, а, см			Товщина, b, см			Абс. Маса, г		
	min	max	сер.	max	min	сер.	max	min	сер.	max	min	сер.
Огірок												
Ніжинський	10,75	8,85	9,78	4,3	2,5	3,4	1,8	1,3	1,55	4,9	3,3	4,17
Конкурент	10,85	8,65	9,75	4,15	2,65	3,4	1,85	1,2	1,52	5	3,5	4,25
Диня												
Колгоспниця	12,4	10,4	11,35	6,46	4,56	5,51	2,05	1,10	1,56	6,8	4,2	5,47
Українка	12,7	10,2	11,45	6,25	4,25	5,25	1,95	1,15	1,55	6,6	4,1	5,35

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 2. Розмірно-масові характеристики насінників дині та огірка

Культура, сорт	Довжина, мм	Діаметр, мм	Маса плоду, кг
----------------	-------------	-------------	----------------

	min	max	сер.	min	max	сер.	min	max	сер.
Огірок									
Конкурент	116	141	128,5	48,0	73,0	58,4	0,210	0,255	0,232
Ніжинський	114	144	129	45,0	75,0	60,0	0,215	0,265	0,240
Диня									
Колгоспниця	150	260	205	180	215	197,5	0,45	1,45	0,95
Українка	165	255	210	186	226	206	0,52	1,72	1,12

Джерело: розроблено авторами

Під абсолютною масою розуміють масу 1000 штук насінин в грамах при стандартній вологості. В процесі виробництва насіння на стадії виділення дуже важливо мати данні значень абсолютної маси щойно виділеного насіння. За цим показником дається контрольна оцінка вирощеного насіння перед механізованим вилученням. Відомо, що посівні якості насіння та їх продуктивні властивості знаходяться у прямій залежності від абсолютної маси насіння (Neamtallah *et al.*, 2017). Для дослідження таких фізико-механічних властивостей плодів як: динамічний коефіцієнт тертя, коефіцієнт об'ємної деформації та коефіцієнт статичного навантаження, в проблемній науково-дослідній лабораторії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету було виготовлено відповідні установки.

Технологічний процес роботи установки для визначення динамічного коефіцієнту тертя (Рис. 3) проходить наступним чином: досліджувана продукція розташовується перед пластиною відсікання 2 в початковому положенні; за допомогою таймеру встановлюється приблизний час (до сотої долі секунди) проходження продукту від пластини відсікання до променя лазера 7; при натисненні кнопки «Пуск» таймеру 6, за допомогою електромагніту піднімається пластина відсікання 2 і, одночасно, починається відлік часу таймером 6; при проходженні продукту через промінь лазера 7 розмикається електричний ланцюг і відлік часу зупиняється; за допомогою подальших математичних перетворень розраховується коефіцієнт тертя-ковзання.

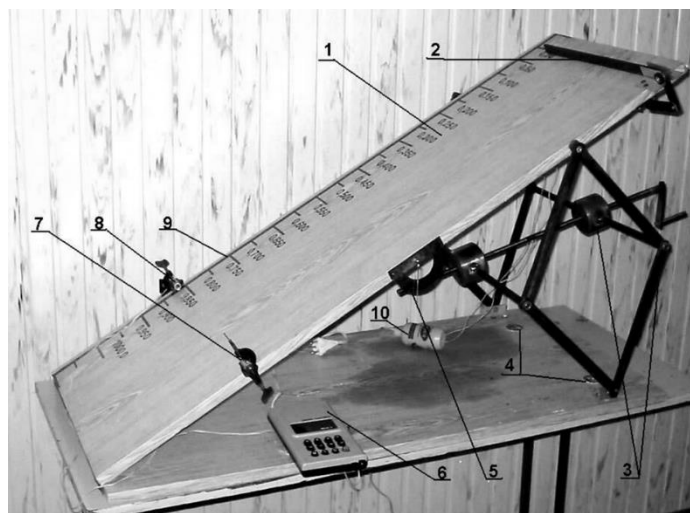


Рисунок 3. Установка для визначення динамічного коефіцієнта тертя

Примітки: 1 - похила поверхня, 2 - пластина відсікання, 3 - пристрій для зміни кута нахилу поверхні, 4 - датчик рівноваги, 5 - кутомір, 6 - таймер, 7 - лазер, 8 - фототранзистор, 9 - шкала виміру шляху, 10 - засоби електроніки
Джерело: авторське фото

Для підвищення універсальності установки, з метою реалізації можливості дослідження різних видів продукції передбачене наступне регулювання. За допомогою підйимального пристрою 3 змінюється кут нахилу поверхні 1 та при зміні положення лазера 7 і фототранзистору 8, змінюється шлях проходження продукту від пластини відсікання 2 до променя лазера, що в свою чергу, призводить до зміни часу, та, відповідно, приводить до зміни

коефіцієнту тертя-ковзання. На похилій поверхні передбачена можливість встановлення любого виду матеріалу, коефіцієнт тертя якого потрібно дослідити.

Для отримання динамічного коефіцієнта тертя, використано наступну формулу:

$$f = \frac{1}{\cos\alpha} \left(\sin\alpha - \frac{2s}{gt^2} \right) = \operatorname{tg}\alpha - \frac{2s}{gt^2 \cdot \cos\alpha}, \quad (1)$$

де f – динамічний коефіцієнт тертя; s – шлях, який проходить досліджувана продукція, м; t – час, за який продукція проходить шлях s , сек; α – кут нахилу поверхні до горизонту, град.

Коефіцієнт об'ємного стиснення (деформації) насінневих плодів визначається як:

$$K_v = \frac{P_{cm}}{\Delta V}, \quad (2)$$

де P_{cm} – стискаюче навантаження, Н; ΔV – зменшення об'єму насінневого плоду, який досліджується, при прикладенні навантаження P_{cm} , м³.

Визначення коефіцієнта об'ємної деформації плоду проводилось на спеціально виготовленому приладі (Рис. 4), який за принципом дії аналогічний приладу Знаменського. Він складається з камери стиснення і поршня, на штоці якого знаходиться тарілка для встановлення вантажів. Прилад Знаменського – це вимірювальний прилад, який використовується для визначення коефіцієнта об'ємної деформації матеріалів, зокрема, в даному випадку, плодів. Цей прилад використовує принцип стискання матеріалу за допомогою поршня і вимірювання зміни його об'єму. Опис пристрою Знаменського включає в себе камеру стиснення та поршень, який здійснює стискання. Зазвичай на поршні розміщується тарілка для додавання вантажів, які використовуються для створення стандартних умов стискання. За допомогою цього приладу вимірюють ступінь стиснення матеріалу та реєструють зміну його об'єму під час дії сили. Прилад Знаменського є важливим інструментом для вивчення механічних властивостей матеріалів, і його застосування в експериментальних дослідженнях дозволяє отримати дані щодо об'ємної деформації плодів та їхньої стійкості до стиснення. Величина лінійної деформації Δ_l контролюється індикатором, який закріплений на кронштейні тарілки, шток якого взаємодіє з упором на камері стиснення. Перед початком кожного дослідження проводилося переваження плодів, а після розташування їх в камері і попереднього ущільнення поршнем визначався об'єм V_0 при нульовому навантаженні. За отриманими величинами визначалась початкова щільність насінневих плодів.



Рисунок 4. Прилад для визначення коефіцієнту об'ємної деформації

Джерело: авторське фото

Залежність лінійної деформації від питомого тиску визначався виразом:

$$\Delta_l = \delta q = 4,5 \cdot 10^{-7} \cdot q, \quad (3)$$

де δ - коефіцієнт, обернений коефіцієнту об'ємної деформації (отриманий за допомогою методу найменших квадратів); q - питомий тиск.

Для визначення залежності деформації насінника від стискаючого навантаження було розроблено і виготовлено спеціальний прилад (Рис. 5), який складається з закріплених на основі стійок, на яких встановлено коромисло, підвішене на цапфах. Коромисло має стискаючу пластину і тарілку для вантажів. Досліджуваний об'єкт встановлюється в регульовану по висоті платформу. Величина деформації визначається по індикатору.



Рисунок 5. Установка для визначення дії на насінники стискаючого статичного навантаження

Джерело: авторське фото

Зміна навантаження, яке діє на насінники, проводиться збільшенням числа вантажів, встановлених на тарілці або переміщенням її по довжині коромисла. Балансири

використовуються для врівноваження коромисла при встановленні нульового значення стискаючого зусилля на початку навантаження (Zhang, 2022).

Фактично, навантаження, яке діє на насінневій плід розраховується за виразом:

$$P_{cm} = \frac{gm_6l_1}{l_2}, \quad (4)$$

де m_6 – маса вантажів, які встановлені на тарілці; l_1 – відстань від тарілки з вантажами до вісі кочення коромисла; l_2 – відстань від встановленого на платформі насінника до вісі кочення коромисла.

В процесі навантаження насінника, індикатором заміряється величина його деформації Δ_{cm} , яка відповідає прикладеному зусиллю. Відповідно коефіцієнт статичного навантаження буде визначатися за наступною рівністю:

$$\Delta_{cm} = X P_{cm} = 0,41 P_{cm}, \quad (5)$$

де X – коефіцієнт піддатливості плоду, отриманий методом найменших квадратів, мм/Н.

Експериментально отримані дані апроксимуються рівнянням першого порядку методом найменших квадратів, з наступною перевіркою математичного описання експериментально отриманих даних на адекватність за допомогою критерію Фішера.

Результати

В умовах зростаючої популяції та змін клімату, важливість вдосконалення агротехніки та сортів овочів та баштанних культур набуває все більшого значення. Дослідження механіко-технологічних властивостей насінневих плодів є важливою складовою для розробки та впровадження нових методів вирощування та обробки, спрямованих на підвищення ефективності сільського господарства та якості продукції. Овочеві та баштанні культури представляють велике значення як джерело харчових продуктів, багатих вітамінами, мінералами та іншими корисними речовинами. Забезпечення високої якості та кількості насіння стає ключовим аспектом для забезпечення продовольчої безпеки та відповіді на виклики глобального ринку (Gorzelay *et al.*, 2022).

Дослідження механіко-технологічних властивостей включає в себе комплексний підхід, орієнтований на вивчення фізичних, хімічних та біологічних аспектів насінневих плодів. Це дозволяє не лише визначати оптимальні умови для їхнього вирощування, але й розробляти технології збору, зберігання та обробки, спрямовані на збереження високої якості та комерційної цінності. Механіко-технологічні властивості включають фізичні, хімічні та біологічні характеристики насінневих плодів. Фізичні параметри, такі як розмір, маса та твердість оболонки насіння, впливають на ефективність збору, обробки та транспортування. Хімічний склад насіння визначає його харчову та економічну цінність, а також стійкість до хвороб. Біологічні характеристики, такі як герметичність насінневого плоду та здатність до проростання, є важливими для забезпечення нормального розвитку рослини. Технологічні аспекти, такі як умови зберігання, транспортування та методи обробки, також мають суттєвий вплив на якість та вартість насіння (Xia *et al.*, 2021).

Одним із головних викликів є вирішення питань стійкості до хвороб, оптимізації росту та врожайності, а також розвитку сортів, придатних для різноманітних агрокліматичних умов. Високоточні дослідження механіко-технологічних властивостей насінневих плодів є ключовим інструментом для досягнення цих цілей та створення стійких та продуктивних агрокультур (Serhiienko *et al.*, 2023). Результати проведених досліджень статичних коефіцієнтів тертя насінників дині та огірка, виконаних на різних поверхнях (перфороване решето, оцинковане залізо, алюмінієва пластина), представлені у Таблиці 3. З врахуванням вибору поверхонь тертя та застосування спиць для уникнення кочення насінників, дослідження дозволило визначити оптимальні умови взаємодії насінників обох культур.

Таблиця 3. Статичні коефіцієнти тертя насінників дині та огірка

Культура, сорт	Види поверхонь								
	Перфороване решето			Оцинковане залізо			Алюміній		
	min	max	ср.	min	max	ср.	min	max	ср.
Огірки: «Ніжинський 12»	0,6	0,9	0,75	0,52	0,72	0,62	0,5	0,84	0,67
«Конкурент»	0,58	0,88	0,73	0,48	0,68	0,58	0,48	0,82	0,65
Дині: «Колгоспниця»	0,79	0,95	0,87	0,71	0,81	0,76	0,73	0,85	0,79
«Українка»	0,77	0,93	0,85	0,55	0,65	0,60	0,73	0,83	0,78

Джерело: розроблено авторами

Експериментальні дані свідчать, що найоптимальніші показники статичного коефіцієнта тертя в залежності від виду поверхні для насінників огірка та дині є перфоровані решета, значення яких відповідно складають – 0,75 та 0,85. Аналіз даної таблиці може виявити певні тенденції та відмінності між культурами та видами поверхонь. Зокрема, обидва сорти огірків ("Ніжинський 12" та "Конкурент") мають схожі середні значення статичних коефіцієнтів тертя на різних поверхнях. Найнижчі значення спостерігаються для оцинкованого заліза, що може вказувати на менше тертя при контакті з цією поверхнею. Сорти дині ("Колгоспниця" та "Українка") також демонструють схожі середні значення статичних коефіцієнтів тертя. Найвищі значення спостерігаються на алюмінієвій поверхні, що може бути важливим для виробничого процесу, де тертя може впливати на рух та обробку насінників.

Отже, за результатами статичних досліджень виявлено, що перфоровані решета є найоптимальнішими поверхнями для насінників огірка та дині, маючи статичні коефіцієнти тертя 0,75 та 0,85 відповідно. Аналіз таблиці вказує на певні тенденції та відмінності між культурами та видами поверхонь. Сорти огірків демонструють схожі значення статичних коефіцієнтів тертя на різних поверхнях, із найнижчими значеннями для оцинкованого заліза. Сорти дині також мають подібні значення статичних коефіцієнтів тертя, із вищими значеннями на алюмінієвій поверхні. Загалом, аналіз статичних коефіцієнтів тертя дозволяє зробити висновки щодо взаємодії насінників з різними поверхнями, що є важливим для оптимізації технологічних процесів подрібнення та обробки насіння. У Таблиці 4 представлено результати динамічних показників коефіцієнтів тертя насінників дині та огірка.

Таблиця 4. Динамічні коефіцієнти тертя насінників дині та огірка

Сорт	Види поверхонь								
	Перфороване решето			Оцинковане залізо			Алюміній		
	min	max	ср.	min	max	ср.	min	max	ср.
Огірки: «Ніжинський 12»	0,62	0,76	0,69	0,41	0,57	0,49	0,35	0,69	0,52
«Конкурент»	0,58	0,72	0,65	0,34	0,50	0,42	0,29	0,63	0,46
Дині: «Колгоспниця»	0,75	0,91	0,83	0,63	0,75	0,69	0,63	0,81	0,72
«Українка»	0,69	0,85	0,77	0,47	0,59	0,63	0,79	0,97	0,88

Джерело: розроблено авторами

Аналіз даних із таблиці може вказати на характер взаємодії насінників з різними матеріалами та допомагати в оптимізації технологічних процесів. Сорти огірків мають середні динамічні коефіцієнти тертя, які коливаються від 0,35 до 0,76. Мінімальний коефіцієнт тертя спостерігається на алюмінієвій поверхні, максимальний – на оцинкованому залізі. Сорти дині також мають середні динамічні коефіцієнти тертя, які варіюються від 0,47 до 0,97. Мінімальний коефіцієнт тертя фіксується на алюмінієвій поверхні, максимальний - на оцинкованому залізі.

Оптимальні значення показників динамічних коефіцієнтів тертя для огірка мас поверхня з перфорованого решета – 0,69 та для дині з алюмінію – 0,88. Ці дані становлять важливий внесок у розуміння динамічних властивостей тертя насінників огірка та дині на різних поверхнях. Рівняння (3) описує залежність лінійної деформації від питомого тиску яка зображена на Рисунку 6.

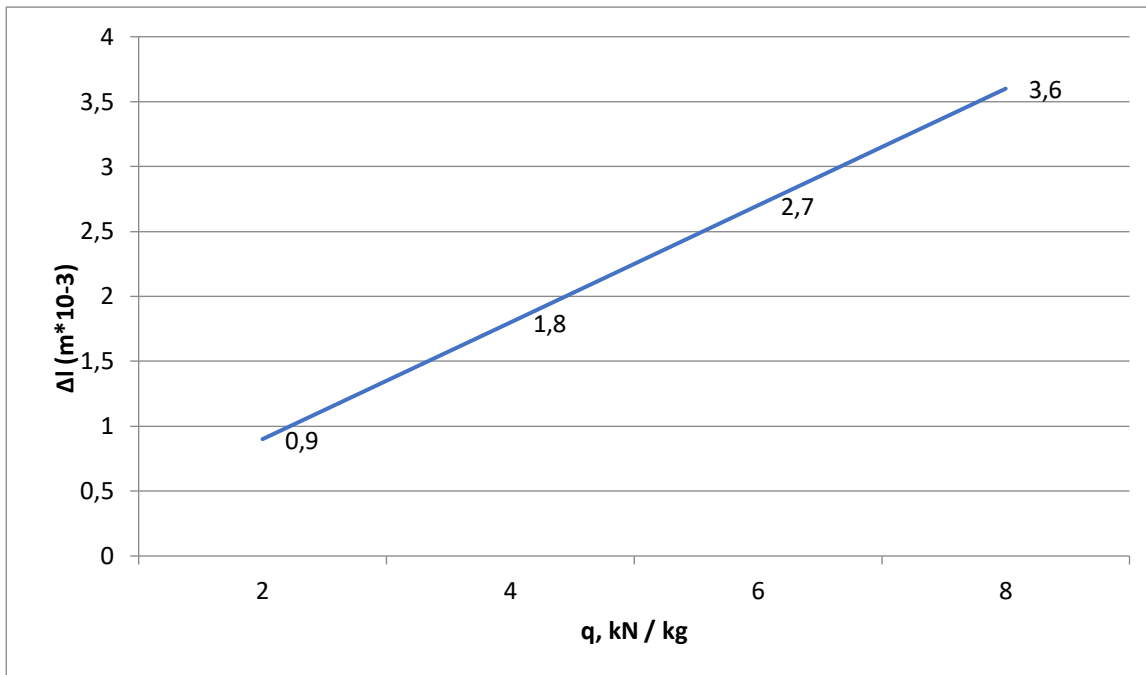


Рисунок 6. Залежність лінійної деформації насінних плодів від питомого тиску

Примітки: $\Delta l = 4.5 \cdot 10^{-7} \cdot q$

Джерело: розроблено авторами

Залежність лінійної деформації насінних плодів від питомого тиску збільшується з 0,9 до 3,6. Значення деформації плоду від стискаючого навантаження змінюються в межах від 4,1 до 24,6. На Рисунку 7 приведена графічна інтерпретація залежності $\Delta_{cm} = f(P_{cm})$.

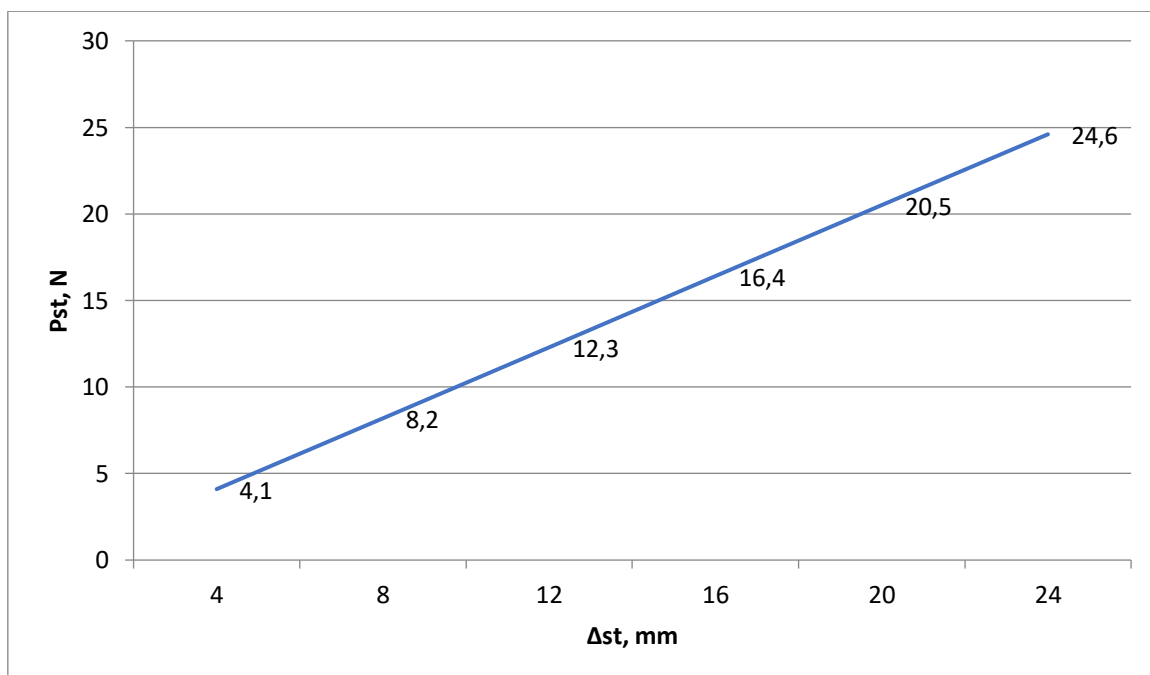


Рисунок 7. Залежність деформації плоду від стискаючого навантаження

Джерело: розроблено авторами

Значення деформації плоду від стискаючого навантаження змінюються в межах від 4,1 до 24,6. Зазначені діапазони деформації плоду від стискаючого навантаження свідчать про велику варіабельність фізико-механічних властивостей рослинного матеріалу. Низькі значення деформації, такі як 4,1, можуть вказувати на високу стійкість певних плодів до стискаючого впливу, тоді як великі значення, такі як 24,6, можуть свідчити про меншу стійкість і виражену здатність матеріалу до змін форми під дією навантаження.

Обговорення

В Україні, як і в багатьох інших країнах, розвиток сільськогосподарського сектору є однією з ключових галузей для забезпечення продовольчої безпеки та економічного зростання. Овочеве та баштанне господарство є важливою частиною аграрного сектору, забезпечуючи значну частку вирощування овочів для внутрішнього споживання та експорту.

Виконане дослідження можна співставити із дослідженнями вчених *Y. Fang et al.*, (2020), які наголошують, що в контексті вирощування овочів та баштанних культур велике значення має використання якісного та життєздатного насіння. Оптимальний вибір та підготовка насіння є ключовим етапом вирощування високоякісної продукції. Механічні та технологічні аспекти обробки насіння, такі як сортування, відокремлення та підготовка, можуть впливати на врожайність та якість вирощених культур.

Порівнюючи виконане дослідження із результатами авторів, зокрема *Yu. Kononov & A. Lumar* (2020), важливо відзначити, що існують проблеми в області отримання високоякісного насіння овоче-баштанних культур. Автори визначають необхідність розширення діалогу та прийняття комплексних заходів для модернізації насінницького виробництва в Україні, що також відображено у виконаному дослідженні. Розвиток технологічних рішень та впровадження новітнього обладнання має вирішити ряд проблем, які стосуються не лише якості кінцевого продукту, але й забезпечення ефективності виробництва в цілому. Однією з головних перешкод є відсталість обладнання, яке використовується в процесі вирощування та обробки насіння. З огляду на це, праці багатьох авторів, зокрема *G. Hu et al.* (2021) та *Y. Yi et al.* (2021), підтверджують, що важливо вдосконалити технології вибору та підготовки насіння, а також механізовані процеси відокремлення та сортування, щоб забезпечити максимальну якість та чистоту насіння. Одним з ключових аспектів є вивчення фізичних та механічних властивостей насінневих плодів. Це включає в себе аналіз міцності оболонки, розмірів, форми та ваги насіння. Вивчення цих параметрів дозволяє розробляти оптимальні методи механічної обробки, такі як сортування та відокремлення, для забезпечення ефективного відбору та підготовки насіння для високоякісного вирощування, що також знаходить відгук у виконаному дослідженні.

Z. Zheng et al. (2022) також відзначають, що механізовані процеси відокремлення та сортування насіння важливі для вибору найбільш життєздатних та придатних для посадки екземплярів. Технології, які використовують оптичні сенсори та інші передові методи, можуть швидко та ефективно визначати якість насіння, а також виявляти можливі дефекти чи хвороби. Дослідження механіко-технологічних властивостей також сприяє розробці нових сортів та гібридів, які відповідають вимогам механізованого виробництва. Це може включати в себе створення гібридів з покращеною стійкістю до механічних впливів та збільшеною врожайністю, що розкриває і виконане дослідження.

Схожу думку висловлюють *N. Kim et al.* (2013), які зазначають, що для отримання високоякісного насінневого матеріалу в технологічному процесі повинно бути задіяне обладнання, що мінімізує його травмування і втрати та задовольнятиме вимогам до якості кінцевого продукту. Відсутність такого устаткування потребує обов'язкового вирішення цієї проблеми шляхом розробки нового технологічного обладнання. Крім того, за отриманими даними, необхідно розглядати можливості використання сучасних методів обробки та зберігання насіння, щоб підвищити його тривалість зберігання. Важливим аспектом є

забезпечення високого рівня енергозощадження та раціонального використання праці у виробництві насіння.

Виконане дослідження корелює із роботою V. Havrysh *et al.* (2022), згідно яких, для успішної реалізації вдосконалення технологій вибору та підготовки насіння овоче-баштанних культур важливо встановити ефективний механізм співпраці між всіма зацікавленими сторонами. Владні органи мають забезпечити сприятливе регулювання та створення стимулів для впровадження новітніх технологій у сільське господарство. Виробники повинні бути активно включені у процес впровадження нових методів та технік, а також надавати зворотний зв'язок щодо їх ефективності та практичності на польових умовах. Науковці, в свою чергу, відіграють ключову роль у проведенні експериментальних досліджень, які дозволяють глибше розуміти механіко-технологічні властивості насіння та встановлювати оптимальні параметри для механізованих процесів. Важливо враховувати кращі практики та досвід країн, де було досягнуто високий рівень механізації в насінництві, зокрема в Європейському союзі та Сполучених Штатах (Li *et al.*, 2022).

Стейкхолдери також можуть включати представників аграрного бізнесу, асоціації фермерів, та інші групи, які мають інтерес до покращення процесів виробництва насіння. Ця широка співпраця сприятиме обміну досвідом, ресурсами та інноваціями, що в свою чергу сприятиме швидкому впровадженню передових технологій. Узагальнюючи, комплексний підхід є ключем до успішного впровадження та вдосконалення технологій виробництва насіння овоче-баштанних культур в Україні.

Висновки

Експериментальні дослідження робочих процесів одержання насінневого матеріалу огірка і дині вирізняються особливістю, оскільки механізований технологічний процес виділення насіння в значній мірі залежить від параметрів і режимів роботи машини давильно-сепаруючого типу. Наукове обґрунтування цього процесу стає неможливим без детального вивчення механіко-технологічних властивостей насінневої маси та особливостей операцій, пов'язаних із руйнуванням насінників і сепарацією насіннево-рослинного матеріалу.

Проведене дослідження включало в себе окремі етапи, спрямовані на детальне вивчення механіко-технологічних властивостей насінневої маси, що є важливим для належного розуміння процесу виділення насіння. При цьому, дотримано орієнтованість на вивчення операцій, пов'язаних із руйнуванням насінників і сепарацією насіннево-рослинного матеріалу за допомогою машини давильно-сепаруючого типу. Експериментальні дослідження робочих процесів одержання насінневого матеріалу огірка і дині виявили значущі особливості взаємодії насінників з різними поверхнями, що визначає ефективність технологічних процесів обробки та подрібнення насіння. Статичні коефіцієнти тертя показали, що перфороване решето є найоптимальнішою поверхнею для насінників огірка (0,75) та дині (0,85). Динамічні коефіцієнти тертя підтвердили ці результати, вказуючи на середні значення в межах 0,35-0,76 для огірка та 0,47-0,97 для дині на різних поверхнях. Дослідження деформації плоду від питомого тиску та стискаючого навантаження виявили велику варіабельність фізико-механічних властивостей рослинного матеріалу. Значення деформації від 4,1 до 24,6 свідчать про різний рівень стійкості плодів до механічного впливу.

Отримані в статті залежності і дані розмірно-масових та фізико-механічних характеристик насінневих плодів і насіння овоче-баштанних культур важливі для подальшого проектування подрібнювального пристрою та дослідження якості виконання технологічного процесу виділення насіння. Перспективи майбутніх досліджень можуть включати більш детальне вивчення взаємодії різних сортів та видів овочів з машинами давильно-сепаруючого типу та подальше вдосконалення технологічних параметрів для оптимізації процесу.

Подяки

Немає.

Конфлікт інтересів

Немає.

Referenses

- [1] Devi, T.B., & Mani, I. (2017). Study of engineering properties of vegetable seeds for design of seed dryer. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 87(10), 1307-1313. [doi: 10.56093/ijas.v87i10.74923](https://doi.org/10.56093/ijas.v87i10.74923).
- [2] DSTU 8439:2015 “Seeds of Vegetable and Melon Plants and Fodder Roots. Documentation”. (2017, July). Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=80194.
- [3] Fang, Y., Yang, F., & Li, X. (2020). Detection of damage on the surface of Korla Fragrant pear using hyperspectral images. *Laser & Optoelectronics Progress*, 57(14), 173-179. [doi: 10.3788/LOP57.141017](https://doi.org/10.3788/LOP57.141017).
- [4] Gorzelany, J., Belcar, J., Kuźniar, P., Niedbała, G., & Pentoś, K. (2022). Modelling of mechanical properties of fresh and stored fruit of large cranberry using multiple linear regression and machine learning. *Agriculture*, 12(2), article number 200. [doi: 10.3390/agriculture12020200](https://doi.org/10.3390/agriculture12020200).
- [5] Havrysh, V., Kalinichenko, A., Szafranek, E., & Hruban, V. (2022). Agricultural land: Crop production or photovoltaic power plants. *Sustainability*, 14(9), article number 5099. [doi: 10.3390/su14095099](https://doi.org/10.3390/su14095099).
- [6] Hou, J., Hu, W., Zhang, L., Ren, Z., Sun, Q., & Wang, W. (2021). Mechanical properties of mulberry fruit under compression and nuclear magnetic resonance tests. *Journal of Food Process Engineering*, 44(11), article number e13856. [doi: 10.1111/jfpe.13856](https://doi.org/10.1111/jfpe.13856).
- [7] Hu, G., Bu, L., Zhang, E., Kou, Q., Cheng, Y., Zhao, J., & Chen, J. (2021). Experimental research of anisotropic mechanical properties and drop test of apples. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 43(4), 154-160. [doi: 10.13427/j.cnki.njyi.2021.04.028](https://doi.org/10.13427/j.cnki.njyi.2021.04.028).
- [8] Kim, N., Norinskiy, A., Gorbenko, N., & Gorbenko, E. (2013). [Analysis of the means of mechanization for the production of melon seeds](https://doi.org/10.1080/00137928.2013.788888). *Motrol*, 15(2), 191-196.
- [9] Kononov, Yu., & Lymar, A. (2020). On the stability of coupled oscillations of the elastic bottom of a rigid rectangular channel and ideal liquid. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 50(3), 292-303. [doi: 10.7546/JTAM.50.20.03.06](https://doi.org/10.7546/JTAM.50.20.03.06).
- [10] Li, B., Zhang, F., Liu, Y., Yin, H., Zou, J., & Ou-yang, A. (2022). Quantitative study on impact damage of yellow peach based on hyperspectral image information combined with spectral information. *Journal of Molecular Structure*, 1272, article number 134176. [doi: 10.1016/j.molstruc.2022.134176](https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2022.134176).
- [11] Neamtallah, M., Kholief, R., Hegazy, R., & Abdelmotaleb, I. (2017). Manufacturing and evaluation of prototype for melon seed extraction. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 34(2), 699-724. [doi: 10.21608/mjae.2017.96458](https://doi.org/10.21608/mjae.2017.96458).
- [12] Pathania, K., Kaur, N., Kaur, D., & Singh, R. (2022). Mobilization of fruit pulp reserves towards seeds in cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruits harvested at variable developmental stages. *Plant Physiology Reports*, 27, 268-274. [doi: 10.1007/s40502-022-00667-8](https://doi.org/10.1007/s40502-022-00667-8).
- [13] Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2011). [Convention on Biological Diversity](https://doi.org/10.1017/CBO9780511529325). Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- [14] Serhiienko, V., Borzykh, O., Tkalenko, H., & Balan, H. (2023). Control of white cabbage diseases using biologicals. *Vegetable and Melon Growing*, 73, 81-88. [doi: 10.32717/0131-0062-2023-73-81-88](https://doi.org/10.32717/0131-0062-2023-73-81-88).
- [15] Shebanin, V., Atamanyuk, I., Gorbenko, O., Kondratenko, Y., & Dotsenko, N. (2019). Mathematical modelling of the technology of processing the seed mass of vegetables and melons. *Food Science and Technology*, 13(3), 118-126. [doi: 10.15673/fst.v13i3.1480](https://doi.org/10.15673/fst.v13i3.1480).
- [16] Stropek, Z., & Gołacki, K. (2020). Bruise susceptibility and energy dissipation analysis in pears under impact loading conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 163, article number 111120. [doi: 10.1016/j.postharvbio.2020.111120](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111120).
- [17] Ternavskiy, A., Shchetyna, S., Slobodanyk, H., Ketskalo, V., & Zabolotnyi, O. (2022). Influence of various forms of absorbent and mulching materials on the yield of vining cucumber and

- fruit quality in the Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 25(3), 42-54. [doi: 10.48077/scihor.25\(3\).2022.42-54](https://doi.org/10.48077/scihor.25(3).2022.42-54).
- [18] Xia, A., Zhang, Y., Zhao, L., & Qin, P. (2021). Simultaneous, rapid and nondestructive determination of moisture, fat content and storage time in leisure dried tofu using LF-NMR. *Analytical Sciences: The International Journal of the Japan Society for Analytical Chemistry*, 37(2), 301-307. [doi: 10.2116/analsci.20p223](https://doi.org/10.2116/analsci.20p223).
- [19] Yang, Y., Yu, S., Lee, B., Hong, Z., Xiao, A., Yang, L., & Su, G. (2021). Study on the effect of different harvest periods on the static pressure damage of Korla fragrant pear. *Packaging and Food Machinery*, 39(4), 6-11. [doi: 10.3969/j.issn.1005-1295.2021.04.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-1295.2021.04.002).
- [20] Yi, Y., Chu, T., & Zhang, H. (2021). Progress in nondestructive testing of fruit quality. *Guangxi Agricultural Mechanization*, 5, 31-33. [doi: 10.3969/j.issn.1003-0700.2021.05.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-0700.2021.05.009).
- [21] Zhang, F. (2022). Analysis of Chinese fruit production statistics in 2020. *China Fruit News*, 38(12), 29-39. [doi: 10.3969/j.issn.1673-1514.2021.12.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-1514.2021.12.007).
- [22] Zheng, Z., An, Z., Liu, X., Chen, J., & Wang, Y. (2022). Finite element analysis and near-infrared hyperspectral reflectance imaging for the determination of blueberry bruise grading. *Foods*, 11(13), 1899. [doi: 10.3390/foods11131899](https://doi.org/10.3390/foods11131899).