

# ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕХАНІЗОВАНИХ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ НАСІННЕВОГО МАТЕРІАЛУ ОГІРКА І ДИНІ

*Сергій Пастушенко, Андрій Пастушенко*

*Чорноморський державний університет імені Петра Могили*

*Миколаївський національний аграрний університет*

*Sergiy Pastushenko, Andriy Pastushenko*

*Petro Mohyla Black Sea State University*

*Mykolayiv National Agrarian University*

**Анотація.** Приведено особливості методичного підходу щодо проведення експериментальних досліджень робочих процесів одержання насіння огірка та дині з метою перевірки, та при необхідності корегування теоретичних положень, міркувань і висновків. При проведенні досліджень використано план Хартлі для п'яти факторного трирівневого плану з кількістю дослідів, що дорівнює 27, який при вирішенні проблем пов'язаних з технічними об'єктами сільськогосподарського виробництва, раніше не застосовувався. Основними критеріями оптимізації, за якими проведено оцінювання якості виконання технологічного процесу, обрано втрати насіння та чистоту насіння.

**Ключові слова:** насіння, коефіцієнт регресії, показник якості, оптимізація технологічного процесу, достовірність результатів дослідів.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Для отримання високоякісного насіння овочеваштанних культур в технологічному комплексі по його виділенню повинно бути задіяне обладнання, що відповідатиме вимогам до якості кінцевого матеріалу. Стан існуючого і відсутність нового обладнання для механізованого процесу отримання насіння овочеваштанних культур в Україні, є однією з важливих проблем [1], за такими показниками як втрати, якість і засміченість насіння, витрати праці, металоємність, енергозаощадливість і т.і., та свідчить що його рівень не відповідає вимогам сучасного виробництва, в зв'язку із чим насінництво залишається однією із найменш механізованих галузей.

Тому дослідження, спрямовані на створення нового обладнання для виділення

насіння огірка і дині, що дозволяє підвищити якість виробленої продукції та гарантувати її відповідність агротехнічним вимогам, мінімізувати втрати насіння і підвищити економічну ефективність технологічного процесу, є актуальними і мають важливе народногосподарське значення.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Планування експерименту і обробка експериментальних даних достатньо добре і повно висвітлені в спеціальній літературі [2]. Методики проведення досліджень машин галузі насінництва овочеваштанних культур, які були описані раніше на даний момент не відповідають сучасним вимогам [3]. Це створило складну ситуацію в галузі, оскільки виробництво використовує нові продуктивні сорти овочеваштанних культур, дослідження фізико-механічних властивостей яких не проводиться, що в свою чергу ускладнює їх використання в технологічних процесах побудованих з метою отримання і доробки [4] насіння механізованим шляхом.

## ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Створення сучасного обладнання, що забезпечить впровадження нових технологій виробництва якісного насінневого матеріалу овочеваштанних культур, потребує не тільки теоретичного обґрунтування процесу його отримання а і обов'язкового проведення експериментальних досліджень з метою підтвердження теоретичних передумов. Вирішення проблеми якісного проведення експериментальних досліджень потребує розроблення такої методики випробувань, яка мінімізує необхідність проведення дослідів в польових умовах та дає можливість отримати достатню кількість потрібної інформації для

створення теоретичних основ, за допомогою яких описаний математично процес буде адекватним тому, що досліджувався під час лабораторних і виробничих випробувань. При цьому зі значного ряду змінних можливих факторів, що запропоновані для визначення критеріїв оптимізації, залишити такі, що будуть суттєво впливати на поставлену задачу.

#### ВИКЛАДЕННЯ МАТЕРІАЛУ

Експериментальні дослідження були здійснені в два етапи. На першому етапі визначали механіко-технологічні властивості насінневих плодів огірка і дині та їх насіння. На другому етапі було досліджено технологічний процес виділення насіння на експериментальній установці давильно-сепаруючого типу в лабораторних та польових умовах.

Під час проектування машини для виділення насіння було досліджено [5, 6] окремі властивості плодів і насіння різних сортів дині та огірка, що в найбільшій мірі впливають на хід та якість виконання технологічного процесу. А саме:

- для насінневих плодів – форма, розмір, маса, коефіцієнт тертя ковзання фрагментів кірки, коефіцієнт об'ємної деформації, питомий опір роздавлюванню;

- для насіння – форма, розмір, абсолютна та об'ємна маса, густина насіння та міцність оболонки, вологість, коефіцієнт внутрішнього тертя та тертя ковзання.

Лабораторні дослідження проводилися з метою:

- визначення основних геометричних та вагових параметрів та механіко-технологічних властивостей насінневих плодів та насіння дині і огірка;

- перевірки прийнятності запропонованого механізму руйнування насінників та виділення насіння;

- дослідження впливу режимів роботи та конструктивних особливостей розробленої машини на якісні показники технологічного процесу виділення насіння;

- порівняння теоретичних та експериментальних результатів досліджень.

У процесі лабораторних досліджень використовувалася повномасштабна модель машини для виділення насіння дині та огірка

[7, 8], робочим тілом для якої були натуральні насінневі плоди цих культур.

Інститутом південного овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України (НААНУ) рекомендовані до районування у південному регіоні України такі сорти: огірків – Ніженський 12, Донський 175, Парад, Конкурент та Харківський, дині – Колгоспниця, Українка, Подарунок. У зв'язку з цим дослідження проводилися стосовно до цієї сортової групи.

Перед початком експериментальних досліджень необхідно по можливості вибрати всі фактори, що впливають на процес виділення насіння і вказати межі їх варіювання. Метод психологічного експерименту зводили до того, що дослідникам, пропонувалося розташувати фактори, що впливають на показники об'єкта в порядку зменшення величини значимості або впливу на критерій оптимізації. Тобто, необхідно було проранжувати  $k$  потенційно можливих факторів, приписавши їм порядкові номери (ранги) 1, 2, 3... $k$ .

На першому етапі статистичної обробки результатів психологічного експерименту (опитування) підраховували коефіцієнт конкордації  $W$ .

Значення коефіцієнту конкордації могло змінюватися в інтервалі від 0 до 1. Збільшення його значення, констатувало більшу узгодженість думок спеціалістів.

Після визначення коефіцієнту конкордації оцінювали його значимість по критерію Пірсона (критерій  $\chi^2$  – розподілення рівня значимості). Випадок, коли значення критерію Пірсона виявилось більшим за табличне ( $\chi^2_{розр} > \chi^2_{табл}$ ), свідчить про те, що узгодженість думок дослідників не була випадковою, а обрані фактори є впливовими.

З метою скорочення обсягу експериментальних досліджень, зменшення числа переналагоджень лабораторної установки, числа її робочих органів, а також отримання об'єктивно необхідної інформації про залежності величин чистоти та втрат насіння від одночасної зміни декількох механіко-технологічних режимів, використали  $D$ -оптимальне планування Хартлі другого порядку для п'яти незалежних факторів.

Основними критеріями оптимізації, за якими проводили оцінювання якості виконання технологічного процесу, обрали: втрати насіння (ВН) та чистоту насіння (ЧН). Їх значення повинні задовольняти наступним агротехнічним вимогам:

– величина втрат насіння не повинна перевищувати 5%;

– чистота насіння після обробки не повинна бути меншою за 96 % .

Для кожного лабораторного дослідження відбирали 25 – 30 кг насінневих плодів огірка і дині, які зважувалися. Значення відібраної навески заносили в журнал лабораторно-польових спостережень. Величину втрат та чистоти насіння визначали на заключному етапі кожного дослідження.

Для визначення втрат насіння зважували масу насіння  $m_H$ , що виділилася крізь решітну деку машини і масу насіння  $m_{BH}$ , яка була видалена із кіркою у відходи та лишилася на решеті. Втрати насіння розраховувалися за формулою:

$$BH = \frac{m_{BH}}{m_{BH} + m_H} 100\% . \quad (1)$$

При визначенні чистоти насіння в зоні виходу підрешітного продукту із загальної кількості виділеної маси відбирали домішки. Після цього проводили зважування та визначення окремо маси насіння  $m_H$  і домішок  $m_D$ . Чистоту насіння визначали за формулою:

$$CH = \frac{m_H}{m_D + m_H} 100\% . \quad (2)$$

Після проведення дослідів і визначення основних показників якості виконання технологічного процесу, кінцевою метою експериментальних досліджень є вирішення компромісної задачі, при якій на експериментальне значення одного із критеріїв оптимізації можливе накладання обмежень із сторони іншого. Для оптимізації технологічного процесу необхідно використати математичні моделі, які описують вибрані критерії оптимізації, та встановлюють їх оптимальне співвідношення. Ця задача відноситься до задач нелінійного

програмування [9] і може бути представлена у вигляді:

$$\begin{cases} BH = B_0 + \sum_{i=1}^n B_i X_i + \sum_{i<j}^n B_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^n B_{ij} X_i^2; \\ CH = B'_0 + \sum_{i=1}^n B'_i X_i + \sum_{i<j}^n B'_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^n B'_{ij} X_i^2; \end{cases} \quad (3)$$

при  $BH \leq 5\%$ ;  $CH \rightarrow 100\%$ ;

де  $n$  – кількість незалежних факторів;

$B_0 \dots B'_{ij}$  – теоретичні оцінки коефіцієнтів математичної моделі.

Для визначення довірчих інтервалів коефіцієнтів отриманих поліномів (3) [10, 11], використовували умову

$$|B| > \Delta B, \quad (4)$$

де  $\Delta B$  – довірчий інтервал значимості коефіцієнту. Якщо умова (4) виконувалася, то коефіцієнт  $B$  визнавався значимим і використовувався в рівняннях математичної моделі (3). У протилежному випадку коефіцієнт у рівняннях регресії не враховували.

План Хартлі для п'яти факторного тривірневого плану з кількістю дослідів, що дорівнює 27 при вирішенні проблем пов'язаних з технічними об'єктами сільськогосподарського виробництва раніше не застосовувався [12]. Тому сутність методики експериментального дослідження та його статистичної обробки для такого випадку наступна. Проведення експерименту потребує повторності дослідів у кожній строчці плану, що в свою чергу визначається умовами допустимої похибки дослідів. Вона у свою чергу вибирається від практичної необхідності. В нашому випадку три повторності складає дослід.

Після отримання експериментальних показників виконувати їх аналіз можливо лише при дотриманні двох умов:

1. Дисперсії обумовлені похибками дослідів для всіх серій вимірів повинні бути однорідними (головна умова).

2. Виміри або серія вимірів повинні розглядатися як випадкові вибірки із генеральної сукупності, які підкоряються нормальному закону розподілу (неголовна умова).

Для перевірки однорідності (рівнозначності) в сільськогосподарських

експериментах використовується критерій Кохрена. Умова однорідності досліду передбачає приблизно однаковий вплив похибок та випадкових погрішностей. Інакше, дисперсії паралельних дослідів у точках плану повинні бути порівняні між собою. Критерій Кохрена застосовується, якщо повторність дослідів у кожній строчці плану рівна і представляє собою відношення максимальної дисперсії до суми всіх дисперсій:

$$G_{OII} = \sigma_{i_{\max}}^2 / \sum_1^N \sigma_i^2, \quad (5)$$

де  $\sigma_{i_{\max}}^2$  – найбільша дисперсія у строчці плану;

$$\sum_1^N \sigma_i^2 – \text{сума дисперсій усіх строк плану.}$$

Одержане значення порівнюється з табличним, і якщо  $G_{OII} < G_{\text{табл}}$ , то дисперсії однорідні. Відповідно, можна проводити аналіз експериментальних даних.

Після визначення однорідності дисперсій, для складання рівнянь регресії необхідно встановити коефіцієнти регресії. При їх підрахунках за допомогою комп'ютерних програм доцільно використовувати стандартні формули у скалярній формі. Так для всіх квазі D-оптимальних планів коефіцієнти знаходяться за формулами:

$$\left. \begin{aligned} B_0 &= \lambda_1 \sum_u Y_u - \lambda_2 \sum_i \sum_u X_{iu}^2 Y_u; \\ B_{ii} &= \lambda_1 \sum_u Y_u + \lambda_3 \sum_u X_{iu}^2 Y_u - \lambda_4 \sum_i \sum_u X_{iu}^2 Y_u; \\ B_i &= \lambda_5 \sum_u X_{iu} Y_u; \\ B_{ij} &= \lambda_6 \sum_u X_{iu} X_{ju} Y_u. \end{aligned} \right\} (6)$$

В літературі [13, 14] більш детально розписано значення кожної з величин, що входить до складу формул для визначення коефіцієнтів регресії.

Після визначення коефіцієнтів регресії перевіряється адекватність отриманої моделі факторів, гіпотезі адекватності лінійного наближення і проводиться статистична обробка результатів.

Загальна методика оцінки адекватності будь-якого експерименту полягає в тому, що залишкова сума квадратів ( $SS_R$ ) при проведенні дослідів, що повторюються може бути розкладена на дві суми – суму квадратів, яка визначає неадекватність ( $SS_{LF}$ ) результатів експерименту і суму квадратів, що пов'язана з

дисперсією, яка характеризується похибкою досліду ( $SS_Y$ ), тобто:  $SS_R = SS_{LF} + SS_Y$ .

Для перевірки адекватності визначається F-критерій Фішера:

$$F = \frac{S_{LF}^2}{S_Y^2} = \frac{SS_{LF}}{f_{LF}} : \frac{SS_Y}{f_Y}, \quad (7)$$

де  $f_{LF}$  і  $f_Y$  – відповідно числа ступенів вільності, які відповідають сумам  $SS_{LF}$  та  $SS_Y$ , отримане розрахункове значення якого, як і при розрахунку критерію Кохрена також порівнюється з табличним.

Експлуатаційно-технологічні випробування [15] проводилися з метою перевірки ефективності застосування розробленої нами давильно-сепаруючої машини, для виділення насіння огірка та дині, яка була виконана як окремий незалежний вузол технологічного обладнання та встановлювалася на виробничий майданчик поруч з серійною машиною ІБК-5А. Обидві машини працювали у стаціонарному режимі.

У процесі дослідження виконували такі вимоги:

- умови проведення досліду ідентичні та постійні на весь період дослідження;
- досліди проводилися в умовах, типових для даної ділянки господарства;
- постачання плодів на переробку підтримувалося рівномірно;
- відбір проб здійснювався за встановленого режиму роботи.

Порівняльні випробування проводилися при видаленні насіння з плодів дині „Колгоспниця 749/753” і „Українка” та огірка „Конкурент” і „Ніжинський”.

Програма та методи дослідження були розроблені згідно з вимогами ГОСТ 70.10.8-84 [16]. Для проведення досліду дині та огірки відбирали в трьох точках вороху, а потім оцінювали їх біологічну стиглість. Масу проб плодів на дослід визначали з використанням товарних ваг РП-100 ПІ-1 ЗПХТ23711-79 з допустимою похибкою вимірювання 100г. Достовірність обраних режимів та параметрів встановлювали шляхом відбору та аналізу не менше 3-х проб.

Показники якості визначали за сталої безупинної роботи машини. Відбір проб виконували на виході кінцевих продуктів. Дослід проводили з трикратною повторністю

за встановленого режиму з партіями плодів у 100 кг кожна.

Для визначення складу втрат за час проведення досліду за сигналом під виходи працюючої машини підставляли тару, а по закінченні відбору проб за сигналом тару прибирали. Тривалість відбору проб фіксувалася секундоміром. Час проведення одного експерименту відповідав часу переробки партії плодів.

Масу середнього зразка втрат зважували вагами ВТК-500 (ГОСТ 19491-74).

Якість отриманої продукції перевіряли візуальним і біологічним методами [17]. В тому числі, визначали енергію проростання і сходження, для чого 100 насінин поміщалося на чистий вологий фільтрувальний папір (або тканину), і прикривали їх таким же матеріалом. До проростання забезпечувалося, щоб насіння перебувало на достатньо зволоженому субстраті. Найкраща температура для проростання 27-28°. Щоденно, починаючи з наступного дня після закладання насіння на пророщування, підраховують і видаляють пророслі насінини. Після завершення періоду проростання підсумовують кількість пророслих і непророслих насінин та визначають схожість у відсотках.

Якісні показники виконання технологічного процесу виділення насіння огірка та дині, які характеризують чистоту отриманої продукції та втрати насіння розраховували за формулами (1) і (2).

Правильність регулювань та обраних режимів перевірялись трьохразовими дослідними пробами. Обробку проб здійснювали вручну з використанням приладів, які вказані у ГОСТ 70.10.8.84. [16].

## ВИСНОВКИ

Особливість експериментальних досліджень робочих процесів одержання насінневого матеріалу огірка і дині полягає в тому, що механізований технологічний процес виділення насіння, перш за все, залежить від параметрів і режимів роботи машини давильно-сепаруючого типу. В свою чергу, наукове обґрунтування яких неможливе без детального вивчення механіко-технологічних властивостей насінневої робочої маси та особливостей

операцій, пов'язаних із руйнуванням насінників і сепарацією насіннево-рослинного матеріалу.

В зв'язку із чим, програмою та методикою експериментальних досліджень передбачено два етапи, що включають в себе об'єднанні спільною метою, окремі дослідження, виконання яких забезпечує перевірку та, при необхідності, корегування теоретичних положень, міркувань і висновків щодо підвищення ефективності виробничого процесу виділення насіння огірка і дині за рахунок обґрунтованих параметрів і режимів роботи нової машини.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Pastushenko S. Problem of mechanization process of extracting the seeds of cucurbits crops in south of Ukraine / S. Pastushenko, K. Dumenko, A. Pastushenko // Sbornik prednasek Vyzkumny ustav zemedelske techniky "Zemedelska technika a biomasa 2007", №4. – Praha, 2007, – P. 134–137.

2. Анисимов И. Ф. Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур / И. Ф. Анисимов. – Кишинев : Штиинца, 1987. – 292 с.

3. Пастушенко С. І. Методика проведення випробувань машин для доробки насінневої технологічної маси овочештанних культур / С. І. Пастушенко, О. А. Горбенко, М. М. Огієнко // Прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва : зб. наук. праць УкрНДІ. – Дослідницьке, 2008. – Вип. 11 (25). – С. 349–356.

4. Pastushenko S. Research on influencing of cavitation process on cleaning vegetables and melon cultures seeds by hydro-pneumatic separator / S. Pastushenko, W. Tanas, N. Ogiyenko // Teka: Copyright by Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. – Lublin, 2009. – Vol. IX.

4. Дубровін В. О. Дослідження механіко-технологічних властивостей насінневих плодів овочештанних культур / В. О. Дубровін, А. С. Пастушенко // Науковий вісник Національного аграрного університету. – Київ : НАУ, 2008. – Вип. 125. – С. 277-285.

5. Пастушенко С. І. Особливості досліджень властивостей насіння огірка та дині / С. І. Пастушенко, М. М. Огієнко, А. С. Пастушенко // MOTROL : Motorization and Power Industry in Agriculture. – Lublin, Poland, 2010. – Vol. 12A. – P. 196-201.
6. Пат. № 29671 U Україна, МПК А23N 15/00. Машина для виділення насіння огірка та дині / Пастушенко С. І., Думенко К. М., Пастушенко А. С. – заявл. 27.08.2007; опубл. 25.01.2008. Бюл. №2.
7. Пастушенко А. С. Машина давильного типа для выделения семян овощебахчевых культур в Украине / А. С. Пастушенко // Материали Международной научно-практической конференции Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск : РУП НПЦ НАН Беларуси, 2010. – С. 117-121.
8. Переверзев Е.С. Математическая модель обработки результатов экспериментального опроса на основе интервального анализа и нечетких чисел / Е. С. Переверзев, В. П. Пошивалов, Ю. Ф. Даниев // Придніпровський науковий вісник, економіка. – 1998. – № 58 (125).
9. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений / А. К. Митропольский. – М. : Наука, 1971. – 576 с.
10. Обработка результатов экспериментальных исследований. – К. : изд. Украинской Академии с.-х. наук, 1959. – 62 с.
11. Ковалев М. М. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / М. М. Ковалев, Г. А. Хайлис. – М. : Колос, 1994. – 169 с.
12. Долгов И. А. Математические методы в земледельческой механике / И. А. Долгов, Г. К. Васильев. – М. : Машиностроение, 1967. – 365 с.
13. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Л. : Колос, 1980. – 212 с.
14. Пастушенко А. С. Виробничі випробування експериментального зразка машин у складі лінії з виділення насіння огірка і дині / А. С. Пастушенко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – Київ : НУБіП України, 2010. – Вип. 144. Ч. 4. – С. 178-185.
15. Испытания сельскохозяйственной техники. Линии и машины для получения семян овощных и бахчевых культур. Программа и методы испытаний : ГОСТ 70.10.84. – М. : Госкомсельхозтехника СССР, 1985. – 56 с.
16. Нетьосов В. П. Експериментальні дослідження фізико-механічних властивостей насіння баштанних культур / В. П. Нетьосов, О. А. Гольдшмідт. – Миколаїв : Вісник аграрної науки Причорномор'я, Вип. 5, 1998. – С. 99–103.

#### FEATURES OF EXPERIMENTAL RESEARCH METHODOLOGY OF MECHANIZED PROCESSES OF CUCUMBER AND MELON SEED OBTAINING

**Annotation.** Listed features of methodical approach of holding experimental researches of cucumber and melon seed obtaining workflows to check and if necessary correct theoretical assumptions, arguments and conclusions. In the research was used plan Hartley for five three-level factorial plan with the number of experiments equal to 27, which in resolving problems associated with technical objects agricultural production, not previously used. The main optimization criteria, which conducted evaluation of quality of the process, were chosen the loss of seeds and seed purity.

**Keywords:** seeds, regression coefficient, an indicator of quality, optimization of the process, the reliability of the results of the experiment.