

УДК 577.3:631.531]:634.2

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КАЛІБРУВАННЯ НАСІННЯ ВИШНІ

Бондаренко Л. Ю., к.т.н.,

Вершков О. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (06192) 42-24-36

Анотація – наведено результати експериментальних досліджень процесу калібрування насіння вишні. Отримано математичну модель та оптимальну область протікання процесу. Встановлено раціональні режими, які забезпечать якісне калібрування насіння плодових кісточкових культур.

Ключові слова – експериментальні дослідження, калібрування, посівний матеріал, моделювання процесу, сортування, оптимальна область.

Постановка проблеми. Якість процесу калібрування посівного матеріалу плодових кісточкових культур залежить від ефективності розділення насіння на однорідні за розмірами фракції, яка, у свою чергу, залежить від оптимальних режимів роботи установки для калібрування.

Аналіз існуючих конструкцій решіт сортувальних і калібрувальних машин [8], а також пристроїв для очищення решіт [4] дозволив встановити, що для здійснення процесу калібрування доцільно використовувати плоске штамповане решето із коливальним рухом за допомогою ексцентрика, а за очисники – гумові кульки, що здійснюють інерційний рух ударної дії.

Проведені пошукові дослідження [6] підтвердили можливість використання плоских штампованих решіт, дозволили визначити форму та основні параметри отворів решіт, а також область варіювання факторів, що впливають на процес калібрування.

Аналіз останніх досліджень показує, що стосовно розробки сортувальних або калібрувальних машин для насіння плодових кісточкових культур дані відсутні.

Постановка завдання. Оптимізація параметрів та кінематичних режимів роботи установки для калібрування насіння вишні, що забез-

печить якісне виділення фракції, яка буде використана для посіву.

Основна частина. Проведені дослідження розмірно – масових параметрів [1, 2] дозволили встановити, що посівний матеріал необхідно розділити за шириною на три фракції: крупна, середня і дрібна, при цьому середня фракція являє собою найбільш вирівняну і тому прийнята за таку, що буде використана для посіву, а також дозволили визначити розміри отворів решіт для калібрування насіння.

Встановлено, що на якість розділення впливають такі кінематичні і геометричні фактори, як частота коливань решітної частини (n), амплітуда (A) і кут нахилу решета (α). Умовно прийнято, що довжина решіт і їх продуктивність на якість калібрування не впливають, тому ці параметри фіксовані.

Кількість кожної фракції визначається коефіцієнтом ефективності виділення фракції, який виражається у відсотках маси

$$\varepsilon_i = \frac{M_i}{M_{\text{заг}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де M_i – маса отриманої фракції насіння, г;

$M_{\text{заг}}$ – загальна маса дослідного насіння, г.

За критерій оптимізації прийнято показник якості фракціонування, який є сумою різниць, взятих по модулю між ідеальним коефіцієнтом ефективності та отриманим у результаті проведення дослідів

$$F(n; A; \alpha) = |\varepsilon_{\text{кр}}^{\text{ид}} - \varepsilon_{\text{кр}}^{\text{досл}}| + |\varepsilon_{\text{сер}}^{\text{ид}} - \varepsilon_{\text{сер}}^{\text{досл}}| + |\varepsilon_{\text{дріб}}^{\text{ид}} - \varepsilon_{\text{дріб}}^{\text{досл}}|. \quad (2)$$

Мінімальне значення отриманої функції найбільш ефективно відображає процес калібрування насіння вишні.

Ідеальне значення коефіцієнта ефективності калібрування отримано за допомогою ручного просівання партії насіння, яка була відібрана відповідно до ГОСТ 13056.1 [9]. Потім ту ж саму партію прокалібровано на лабораторній установці для калібрування, технологічну схему розташування решіт якої наведено на рисунку 1.

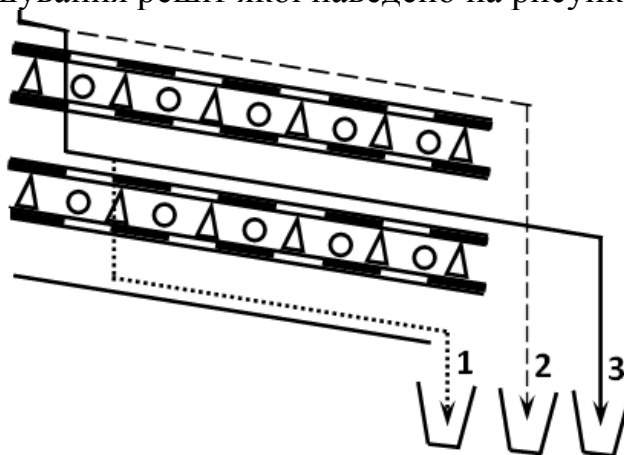


Рис. 1. Технологічна схема розташування решіт: 1 – дрібна фракція; 2 – крупна фракція; 3 – середня фракція

Із проведених раніше досліджень [6] встановлено, що для калібрування вишні розміри отворів решіт повинні бути такі: верхнє решето – отвори діаметром 6,5 мм, нижнє решето – отвори діаметром 5,0 мм.

Конструкція установки дозволяла змінювати значення частоти та амплітуди коливань, а також кута нахилу решіт у широких межах. Для проведення експерименту встановлені фактори варіювались на трьох рівнях. Натуральне значення рівней факторів було прийнято за результатами попереднього експерименту [6], а також із аналізу сортувальних машин.

Для досягнення поставленої мети використано методи математичного планування експерименту [7-9]. Оптимальні параметри калібрування вишні визначались за допомогою рототабельного плану Боксу другого порядку [8].

В таблиці 1 наведено рівні вхідних факторів, умови кодування незалежних змінних і прийнято інтервали варіювання.

Таблиця 1

Інтервали варіювання факторів

Фактори	n	A	α
Розмірність	об/хв	мм	град
Кодоване позначення	X1	X2	X3
Інтервал варіювання	40	2,5	2
Основний рівень (0)	370	7,5	8
Верхній рівень (1)	440	10	10
Нижній рівень (-1)	300	5	6

Матрицю планування експерименту наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

План Боксу-3

№ досліду	x_1	x_2	x_3	y	№ досліду	x_1	x_2	x_3	y
1	+1	+1	+1	y_1	8	-1	-1	-1	y_8
2	-1	+1	+1	y_2	9	+1	0	0	y_9
3	+1	-1	+1	y_3	10	-1	0	0	y_{10}
4	-1	-1	+1	y_4	11	0	+1	0	y_{11}
5	+1	+1	-1	y_5	12	0	-1	0	y_{12}
6	-1	+1	-1	y_6	13	0	0	+1	y_{13}
7	+1	-1	-1	y_7	14	0	0	-1	y_{14}

Для реалізації експерименту складаємо розширену матрицю планування другого порядку і проводимо дослід в трикратній повторності з визначенням середнього значення відгуку $y_{\text{ср}}$ і відрядкових дисперсій, s_u^2 (таблиця 3).

Таблиця 3

Розширена матриця планування

№	Фактор			Фактор взаємодії						Середнє значення відгуку, $U_{сер}$	Відрядкова дисперсія, S_u^2
	x_1	x_2	x_3	x_{12}	x_{13}	x_{23}	x_1^2	x_2^2	x_3^2		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12,79	0,194
2	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	13,53	0,098
3	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	17,81	0,185
4	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	16,31	0,049
5	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	19,93	0,153
6	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	18,79	0,013
7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	20,44	0,017
8	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	19,13	0,038
9	1	0	0	0	0	0	1	0	0	21,52	0,051
10	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	22,00	0,209
11	0	1	0	0	0	0	0	1	0	20,11	0,037
12	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	21,77	0,168
13	0	0	1	0	0	0	0	0	1	16,27	0,106
14	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	20,58	0,090

Для вказаних факторів перевірялися та аналізувалися три критерії:

- 1) Критерій Кохрена – перевірка відтворюваності дослідів;
- 2) Критерій Стьюдента – перевірка значущості коефіцієнтів регресії;

- 3) Критерій Фішера – перевірка адекватності отриманої моделі.

Аналіз математичної моделі проводили експериментально – статистичними методами [7-9]. Обробку даних зроблено за допомогою комп'ютерної програми «Statist» та офісного додатку Microsoft Excel. В результаті чого отримано математичну модель другого порядку, яка описує заданий процес. Загальний вигляд математичної моделі

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_{12} + b_{13}x_{13} + b_{23}x_{23} + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (3)$$

Розрахунок першого критерію дозволив встановити, що дисперсія відтворюваності дослідів однорідна тому що

$$G_p = 0,25 < G = 0,35. \quad (4)$$

Табличне значення критерію Кохрена обирали з урахуванням числа ступенів свободи $f = 2$ та кількості серій дослідів $k = 14$ [8].

Перевірка значущості коефіцієнтів регресії отриманої моделі дозволяє відкинути найменш значимі коефіцієнти, якими є b_{11} , b_{12} і b_{22} з 95% довірчою ймовірністю коли критичне значення коефіцієнта Стьюдента із ступенем свободи $f = N \times (\gamma - 1) = 28$ дорівнює $t_{кр} = 2,05$ [8].

Після розрахунку коефіцієнтів регресії рівняння (3) прийме вигляд

$$y = 16,806 - 2,04 x_1 - 2,178 x_2 - 1,44 x_3 - 2,58 x_{13} - 2,11 x_{23} - 4,16 x_3^2 \quad (5)$$

Перевірка адекватності отриманої моделі за критерієм Фішера показала, що гіпотезу про адекватність опису рівнянням результатів експерименту приймаємо з 95% ймовірністю тому що

$$F_p = 0,69 < F_{кр} = 2,19.$$

Критичне значення критерію Фішера визначали з урахуванням числа ступенів свободи $f_1 = N - (k + 1) = 10$ та $f_2 = N \times (\gamma - 1) = 28$ [8].

З урахуванням розкодування факторів:

$$x_1 = \frac{n - n_{cep}}{\lambda_n}; \quad x_2 = \frac{A - A_{cep}}{\lambda_A}; \quad x_3 = \frac{\alpha - \alpha_{cep}}{\lambda_\alpha}.$$

Рівняння регресії (5) можна записати в розкодованому вигляді

$$F(n; A; \alpha) = -106,39 + 0,11 n + 2,92 A + 25,91 \alpha - 0,02 n \alpha - 0,42 A \alpha - 1,04 \alpha^2. \quad (6)$$

Розрахунки щодо визначення оптимальних значень факторів і параметрів оптимізації відповідно до рівняння (6) проводились за допомогою комп'ютерної програми «Statist» та офісного додатку Microsoft Excel. Отримано поверхні відгуку, визначено їх вид і зроблено аналіз за методом двомірних перерізів [9].

Аналізуючи поверхні відгуку, визначено оптимальні режими роботи лабораторної установки при калібруванні насіння вишні:

- 1) частота обертів – 400 об/хв;
- 2) амплітуда коливань – 9,5 мм;
- 3) кут нахилу решіт – 8°.

Висновок. В результаті теоретичних та експериментальних досліджень процесу калібрування насіння вишні встановлено найбільш значущі фактори, знайдено оптимальні області протікання процесу, отримано математичну модель, що адекватно описує процес калібрування, а також знайдено оптимальні режими при яких отримано найбільш якісну фракцію, що буде використана для посіву.

Література

1. *Бондаренко Л. Ю.* Дослідження розмірно – масових параметрів посівного матеріалу плодкових кісточкових культур / *Л. Ю. Бондаренко* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – Вип. 35. – С. 111-117.

2. *Бондаренко Л. Ю.* Кореляційно-регресійний аналіз розмірно – масових параметрів насіння плодкових кісточкових культур / *Л. Ю. Бондаренко* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – Вип. 36. – С. 105-110.

3. *Бондаренко Л. Ю.* Аналіз конструкцій решіт для сортування

різних матеріалів / Л. Ю. Бондаренко // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТА, 2007. – Вип. 7. т. 2. – С. 124-129.

4. Бондаренко Л. Ю. Аналіз пристроїв для очищення плоских решіт сортувальних і калібрувальних машин / Л. Ю. Бондаренко, Г. В. Антонова // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТА, 2008. – Вип. 8, т. 3. – С.159-164.

5. ГОСТ 13056.1-67. Семена древесных и кустарниковых пород. Отбор образцов. – М.: Изд-во стандартов, 1968. – 27 с.

6. Бондаренко Л. Ю. Дослідження форми і розмірів отворів решіт для калібрування посівного матеріалу плодкових кісточкових культур / Л. Ю. Бондаренко, В. І. Цимбал // Мех. та електриф. сіл. гос-ва. – Глеваха, 2008. – Вип. 92. – С. 176-180.

7. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Ф. Алешкин, П. М. Роцин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

8. Менчер Э. М. Основы планирования эксперимента с элементами математической статистики в исследованиях по виноградарству / Э. М. Менчер, А. Я. Земшан. – Кишинев: Штиинца, 1986. – 238 с.

9. Бондарь А. Г. Планирование эксперимента в химической технологии / А. Г. Бондарь, Г. А. Статюха. – К.: Вища школа, 1976. – 184 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАЛИБРОВКИ СЕМЯН ВИШНИ

Бондаренко Л. Ю., Вершков А. А.

Аннотация – приведены результаты экспериментальных исследований процесса калибровки семян вишни. Получена математическая модель оптимальная область протекания процесса. Установлены рациональные режимы, которые обеспечат качественное калибрование семян плодовых косточковых культур.

DESIGN OF PROCESS OF CALIBRATION OF SOWING MATERIAL OF FRUIT DRUPACEOUS CULTURES

L. Bondarenko, A. Vershkov

Summary

The results of theoretical and experimental researches of process of calibration of seed of fruit drupaceous cultures are given in this article. A mathematical model and optimum area of flowing of process is got. The rational modes which will provide high-quality calibration of seed of fruit drupaceous cultures are set.