

УДК 631.362.32

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ КАЛІБРУВАННЯ НАСІННЯ ПЛОДОВИХ КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР**

Бондаренко Л.Ю., асистент

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (06192) 42-24-36

***Анотація*** - наведені результати експериментальних досліджень процесу калібрування насіння плодкових кісточкових культур, таких як вишня, черешня, алича, абрикос, мигдаль. Отримано математичні моделі та оптимальні області протікання процесу. Встановлено параметри, які повинні забезпечити якісне калібрування насіння плодкових кісточкових культур.

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

***Постановка проблеми.*** При безпересадковій технології вирощування саджанців плодкових кісточкових культур робота висівного апарату сівалки точного висіву є неефективною. Це відбувається тому, що чарунки періодично забиваються насінням, яке є неоднорідним за розмірами. Калібрування надає можливість уникнути цього недоліку, за рахунок отримання однорідних за розмірами фракцій насіння. Якість процесу калібрування насіння плодкових кісточкових культур залежить від оптимальних параметрів та режимів роботи установки для калібрування. Проведені попередні дослідження [6] дозволили встановити, що для калібрування кісточок вишні, черешні, аличі, абрикосу і мигдалю доцільно використовувати плоскі штамповані решета з круглою формою отворів, які забезпечать розділення посівного матеріалу на однорідні за шириною фракції. Основні параметри отворів решіт встановлено за результатами досліджень розмірно – масових характеристик [1,10]. Коливальний рух решіт доцільно здійснювати в горизонтальній площині. Для попередження забивання отворів решіт слід використовувати гумові кульки, які є інерційними очисниками ударної дії [4].

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

Проведені дослідження розмірно – масових параметрів кісточок плодових культур [2,10] дозволили встановити, що насіння доцільно розділяти за шириною. Вона найбільш корелює із масою, тому прийнято, що насіння будуть мати кращу схожість. Прийнято, що насіння необхідно розділити на три фракції: крупну, середню і дрібну. При цьому, основним є виділення середньої фракції, яка є найбільш вирівняною за розмірами і складає 80-85 % від загального об'єму насіння.

*Формулювання цілей статті.* Визначити оптимальні параметри процесу калібрування плодових кісточкових культур, які забезпечать якісне розділення на фракції.

*Основна частина.* Для досліджень були відібрані насіння вишні магалебської, черешні, аличі, абрикоса (жерделі) і мигдалю диких форм. Встановлено, що на якість калібрування впливають такі кінематичні параметри, як частота ( $n$ ) і амплітуда ( $A$ ) коливань решітної частини і геометричний параметр – кут нахилу решіт ( $\alpha$ ). Питомі навантаження на одиницю площі решета не мають суттєвого впливу на процес розділення.

Дослідження проводились на лабораторній установці для калібрування, решітна частина якої складається із двох плоских штампованих решіт, послідовно встановлених один під одним. Решета мають круглі отвори, які призначені для розділення посівного матеріалу за шириною. Для попередження забивання отворів використано кулькові очисники ударної дії, які встановлено під решетами. Установка дозволяє змінювати решета в залежності від виду культури, яка підлягає калібруванню і має можливість варіювати значеннями параметрів у межах:

- частота коливань від 200 до 500 кол./хв.;
- амплітуда коливань від 5 до 10 мм;
- кут нахилу решітної частини від 0 до 20 град.

За критерій оптимізації прийнято показник якості розділення, який виражається у відсотках маси:

$$F(n; A; \alpha) = \left| \varepsilon_{кр}^{ид} - \varepsilon_{кр}^{досл} \right| + \left| \varepsilon_{сер}^{ид} - \varepsilon_{сер}^{досл} \right| + \left| \varepsilon_{дріб}^{ид} - \varepsilon_{дріб}^{досл} \right|. \quad (1)$$

де  $\varepsilon_i^{ид}$ ,  $\varepsilon_i^{досл}$  – відповідно ідеальне і дослідне значення коефіцієнта ефективності калібрування для кожної фракції:

$$\varepsilon_i = \frac{M_i}{M_{заг}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де  $M_i$  – маса отриманої фракції насіння, кг;

$M_{заг}$  – загальна маса дослідного насіння, кг.

Мінімальне значення отриманої функції найбільш ефективно відображає процес калібрування насіння. Ідеальні значення коефіцієнта ефективності калібрування визначено в результаті досліджень розмірно-

масових параметрів і підтверджені за допомогою ручного просівання партії насіння.

Із проведених раніше досліджень [6] встановлено розміри отворів решіт для калібрування посівного матеріалу плодкових кісточкових культур, які наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Розміри отворів решіт

Культура	вишня	черешня	алича	абрикос	мигдаль
Верхнє решето	d=6,5 мм	d=8,0 мм	d=13,0 мм	d=20,0 мм	d=22,0 мм
Нижнє решето	d=5,0 мм	d=6,5 мм	d=11,0 мм	d=15,0 мм	d=15,0 мм

Оптимальні параметри калібрування плодкових культур визначались за допомогою рототабельного плану Боксу другого порядку [8]. В таблиці 2 наведено рівні входних факторів, умови кодування незалежних змінних і прийнято інтервали варіювання.

Таблиця 2 – Інтервали варіювання факторів

Культура	Фактори	<i>n</i> , кол./хв.	<i>A</i> , мм	<i>α</i> , град
	Кодоване позначення	X1	X2	X3
Вишня	Інтервал варіювання	45	2,5	2,5
	Основний рівень (0)	455	7,5	9,5
	Верхній рівень (+1)	500	10,0	12,0
	Нижній рівень (-1)	410	5,0	7,0
Черешня	Інтервал варіювання	65	2,5	3,0
	Основний рівень (0)	415	7,5	7,0
	Верхній рівень (+1)	480	10,0	10,0
	Нижній рівень (-1)	350	5,0	4,0
Алича	Інтервал варіювання	70	2,5	3,0
	Основний рівень (0)	430	7,5	7,0
	Верхній рівень (+1)	500	10,0	10,0
	Нижній рівень (-1)	360	5,0	4,0
Абрикос	Інтервал варіювання	50	1,5	4,0
	Основний рівень (0)	450	8,5	6,0
	Верхній рівень (+1)	500	10,0	9,0
	Нижній рівень (-1)	400	7,0	3,0
Мигдаль	Інтервал варіювання	50	2,0	2,0
	Основний рівень (0)	430	8,0	5,0
	Верхній рівень (+1)	480	10,0	7,0
	Нижній рівень (-1)	380	6,0	3,0

Для вказаних факторів перевіряються та аналізуються три критерії:

- 1) Критерій Кохрена – перевірка відтворюваності дослідів;
- 2) Критерій Стьюдента – перевірка значущості коефіцієнтів регресії;
- 3) Критерій Фішера – перевірка адекватності отриманої моделі.

Обробку даних зроблено за допомогою комп'ютерної програми «Mathematica-5», програмного забезпечення пакету MathCad та офісного додатку Microsoft Excel. Отримано математичні моделі другого порядку, які описують заданий процес.

Розрахунок першого критерію дозволив встановити, що дисперсія відтворюваності дослідів однорідна, так як  $G_p < G_{таб}$ .

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 з 95% довірчою ймовірністю найменш значущі коефіцієнти, якими є для вишні  $b_3^2$ ; для черешні  $b_2^2$ ; для аличі  $b_{23}$ ; для абрикоса  $b_{12}$  і  $b_{13}$ ; для мигдалю  $b_{12}$ .

Критичне значення коефіцієнта Стьюдента із ступенем свободи  $f = N \cdot (\gamma - 1) = 28$  дорівнює  $t_{кр} = 2,05$  [8].

Після розрахунку коефіцієнтів регресії отримуємо математичні моделі у вигляді:

- для вишні

$$Y = 20,13 + 4,7653 \cdot x_1 + 13,631 \cdot x_2 + 6,8943 \cdot x_3 + 1,5471 \cdot x_1 \cdot x_3 + 1,935 \cdot x_2 \cdot x_3 + 3,65 \cdot x_1^2 + 5,0631 \cdot x_2^2 + 0,6354 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (3)$$

- для черешні

$$Y = 24,49 + 8,474 \cdot x_1 + 14,823 \cdot x_2 + 4,41 \cdot x_3 + 3,169 \cdot x_1 \cdot x_3 + 2,758 \cdot x_2 \cdot x_3 + 3,815 \cdot x_1^2 + 15,445 \cdot x_3^2 + 8,695 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (4)$$

- для аличі

$$Y = 34,15 + 4,524 \cdot x_1 + 7,004 \cdot x_2 + 13,61 \cdot x_3 + 32,837 \cdot x_1^2 - 12,71 \cdot x_2^2 + 3,717 \cdot x_3^2 + 9,888 \cdot x_1 \cdot x_2 + 7,318 \cdot x_1 \cdot x_3 \quad (5)$$

- для абрикоса

$$Y = 20,98 + 9,55 \cdot x_1 + 3,546 \cdot x_2 + 2,7 \cdot x_3 - 2,001 \cdot x_1^2 + 1,04 \cdot x_2^2 + 9,917 \cdot x_3^2 + 2,913 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (6)$$

- для мигдалю

$$Y = 28,25 + 16,72 \cdot x_1 + 4,266 \cdot x_2 - 1,88 \cdot x_3 + 12,568 \cdot x_1^2 + 5,34 \cdot x_2^2 + 1,73 \cdot x_3^2 - 2,123 \cdot x_1 \cdot x_3 + 5,688 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (7)$$

Перевірку адекватності отриманої моделі проводили за критерієм Фішера. Встановлено, що гіпотезу про адекватність опису рівнянням результатів експерименту приймаємо з 95% ймовірністю

- для вишні  $F_p = 1,71 < F_{кр} = 2,19$ ;
- для черешні  $F_p = 1,03 < F_{кр} = 2,19$ ;
- для аличі  $F_p = 2,01 < F_{кр} = 2,19$ ;
- для абрикоса  $F_p = 1,80 < F_{кр} = 2,19$ ;
- для мигдалю  $F_p = 1,92 < F_{кр} = 2,19$ .

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

З урахуванням розкодування факторів

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

Рівняння регресії (3)-(7) можна записати в розкодованому виді

$$F(n; A; \alpha)_{виш} = 421,432 - 1,7 n - 12,21 A - 5,514 a + 0,0131 na + \\ + 0,3096 Aa + 0,0018 n^2 + 0,81 A^2 + 0,005648 nA \quad (8)$$

$$F(n; A; \alpha)_{чер} = 388,2879 - 1,1342 n - 18,8506 A - 32,0578 a + 0,0163 na + \\ + 0,3677 Aa + 0,0009 n^2 + 1,7161 \alpha^2 + 0,0535 nA \quad (9)$$

$$F(n; A; \alpha)_{ал} = 1385,645 - 6,3663 n + 9,009 A - 16,2298 \alpha + 0,0067 n^2 - \\ 2,034 A^2 + 0,413 \alpha^2 + 0,0565 nA + 0,0348 n\alpha \quad (10)$$

$$F(n; A; \alpha)_{абр} = -253,267 + 0,9114 n + 7,3088 A - 5,6395 \alpha - 0,0008 n^2 - \\ - 0,4622 A^2 + 0,1823 \alpha^2 + 0,4855 aA \quad (11)$$

$$F(n; A; \alpha)_{минд} = 909,1113 - 3,883 n - 26,337 A - 7,5121 \alpha + 0,00503 n^2 + \\ + 1,335 A^2 + 0,4325 a^2 - 0,0212 na + 1,1422 Aa \quad (12)$$

Розрахунки щодо визначення оптимальних значень факторів і параметрів оптимізації відповідно до рівнянь (8)-(12) проводились за допомогою комп'ютерної програми «Mathematica-5» та програмного забезпечення пакету MathCad. Побудовано поверхні відгуку, визначено їх вид і зроблено аналіз за методом двомірних перерізів в залежності від факторів варіювання [9].

Аналізуючи поверхні відгуку, визначено оптимальні параметри та режими роботи лабораторної установки при калібруванні насіння плодкових кісточкових культур, які наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Оптимальні параметри та режими роботи лабораторної установки при калібруванні насіння плодкових культур

Параметри Культура	$n$ , кол./хв.	$A$ , мм	$\alpha$ , град
Вишня	440	5	7
Черешня	420	5	7
Алича	440	5	4
Абрикос	400	7	6
Мигдаль	400	6	7

Провівши калібрування насіння вишні, черешні, аличі, абрикоса і мигдалю при знайдених параметрах отримано фракційний склад насіння з відхиленням по масі від 3 до 7%.

*Висновки.* В результаті експериментальних досліджень процесу калібрування насіння плодкових кісточкових культур отримано математичні моделі, що адекватно описують процес калібрування.

Знайдено оптимальні параметри калібрування, які забезпечують якісне розділення насіння на фракції.

#### Література

1. *Бондаренко Л.Ю.* Дослідження розмірно – масових параметрів посівного матеріалу плодкових кісточкових культур / Л.Ю. Бондаренко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2006.– Вип. 35.– С. 111-117.
2. *Бондаренко Л.Ю.* Кореляційно-регресійний аналіз розмірно-масових параметрів насіння плодкових кісточкових культур / Л.Ю. Бондаренко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2006.– Вип. 36. – С. 105-110.
3. *Бондаренко Л.Ю.* Аналіз конструкцій решіт для сортування різних матеріалів / Л.Ю. Бондаренко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 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 Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 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 // Механізація та електрифікація сільського господарства; /МЕСГ. – Глеваха, 2008. – Вип. 92. – С. 176-180.

7. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Ф. Алёшкин, П.М. Рошин. – М.-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. Земшман. – 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.
10. Бондаренко Л.Ю. Встановлення розмірно – масових параметрів посівного матеріалу плодкових кісточкових культур / Л.Ю.Бондаренко, М.Я. Зайдлер // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2004. – Вип. 23. – С. 123-128.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА КАЛИБРОВАНИЯ СЕМЯН ПЛОДОВЫХ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР**

Бондаренко Л. Ю.

#### *Аннотация*

Наведены результаты экспериментальных исследований процесса калибрования семян таких плодовых культур, как вишня, черешня, алыча, абрикос, миндаль. Получены математические модели и оптимальные области протекания процесса. Установлены параметры, которые должны обеспечить качественное калибрование семян плодовых косточковых культур.

### **DETERMINATION OF OPTIMUM PARAMETERS TO THE PROCESS OF CALIBRATION OF SEED OF FRUIT DRUPACEOUS CULTURES**

L. Bondarenko

#### *Summary*

The work is presented to the results of experimental researches of process of calibration of seed of fruit cultures, such as a cherry, bird-cherry, cherry-plum, apricot, almond. Mathematical models and optimum areas of flowing of process are got. The parameters which must provide high-quality calibration of seed of fruit drupaceous cultures are determined.