

**УДК 631.521**

## **ЗАЛЕЖНІСТЬ ВИХОДУ ДОВГОГО ВОЛОКНА ЛЬОНУ-ДОВГУНЦЯ ВІД ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРІЧОК РОЗСТИЛУ**

**Макаєв В.І**

*Глухівський коледж ім. С.А.Ковпака Сумського національного аграрного університету*

**Василюк В.І**

*ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут"*

*На основі повно-факторного експерименту встановлена залежність основних показників характеристики стрічок розстилу льону-довгунця; розтягнутості стебел за комлем, відокремлюваності волокна та щільності стебел на 1 м. пог. на вихід довгого волокна*

*Based on a full-factorial experiment was established the dependence of the main indicators of the spreading characteristics of the ribbons of flax, the stems of prolixity butt end, separability and the fiber density of stems to 1 running meter to the output of long fiber*

### **Постановка проблеми**

Специфіка збирання льону-довгунця полягає у технології первинної переробки трести льону, з якої одержують довге волокно. Довге волокно можна отримати тільки завдяки паралельній укладці стебел у стрічки розстилу під час брання і дотримання їх паралельності під час проведення всіх технологічних операцій відокремлення насінневих коробочок, шляхом їх обчисування, та в процесі приготування із лляної соломи трести [1].

Попередніми дослідженнями встановлено, що розтягнутість стебел за комлем у стрічках розстилу негативно впливає на вихід довгого волокна [2]. У зв'язку з цим виникає питання, як впливають інші фактори, що характеризують стрічки розстилу окрім розтягнутості стебел трести у стрічках такі як вилежаність трести та щільність завантаження м'яльно-тіпального агрегату на вихід довгого волокна.

Результати досліджень

Для визначення ступеня впливу названих чинників на вихід волокна був поставлений повнофакторний експеримент ПФЕ 2<sup>3</sup>. Дослідження проводились з використанням м'яльно-тіпального станка СМТ-200М, де переробляли тресту з середньою довжиною стебел 72 см, вологістю 11,8-12,7%.

Вивчали вплив на вихід довгого волокна наступних факторів: розтягнутості стебел ( $X_1$ ), ступеня вилежування ( $X_2$ ) та щільності завантаження трести м'яльно-тіпального агрегату (вага стебел на 1 м. пог.) ( $X_3$ ).

Значення відносної розтягнутості стебел у оброблюваній наважці знаходилося в межах від 5 до 25%. Значення вилежуваності трести знаходилося у межах нормального ступеня вилежаності до перележалої 5,7-7,7. Щільність завантаження при обробці трести було встановлено із розрахунку нормативного завантаження м'яльно-тіпального агрегату під час переробки, а саме 200-400 г/м пог. Параметр оптимізації – вихід довгого волокна визначаємо у відсотках.

Матриця планування експерименту для натуральних значень факторів та їх кодованих значень представлена в таблиці 1

Таблиця 1

Матриця планування експерименту

Фактор та одиниця виміру	Натуральні позначення	Кодові позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання натуральні			Рівні варіювання кодовані		
				верхній	нульовий	нижній	верхній	нульовий	нижній
Розтягнутість, рази	$X_1$	$x_1$	0,10	1,25	1,15	1,05	+1	0	-1
Вилежаність, од.	$X_2$	$x_2$	1	7,7	6,7	5,7	+1	0	-1
Щільність завантаження, г/м	$X_3$	$x_3$	100	400	300	200	+1	0	-1

За результатами проведеного експерименту складаємо матрицю результатів досліджень по 8 дослідях у п'ятикратній повторності кожного, таблиця 2.

Таблиця 2

План-матриця ПФЕ 2<sup>3</sup> із результатами дослідів

№ досліду	Значення кодованих факторів			Значення параметра оптимізації, у				
	( $x_1$ ) розтягнутість	( $x_2$ ) вилежаність	( $x_3$ ) щільність	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$
1	(-)5	(-) 5,7	(-)200	22,9	23,0	24,5	22,5	20,9
2	(+)25	(-) 5,7	(-)200	18,9	18,1	18,4	19,1	18,4
3	(-)5	(+) 7,7	(-)200	18,8	19,5	18,1	19,2	18,1
4	(+)25	(+) 7,7	(-)200	15,8	15,2	16,3	16,1	14,5
5	(-)5	(-) 5,7	(+)400	22,5	21,5	19,5	22,6	22,3
6	(+)25	(-) 5,7	(+)400	15,9	18,3	16,3	16,6	16,0
7	(-)5	(+) 7,7	(+)400	19,8	19,3	18,6	19,0	21,5
8	(+)25	(+) 7,7	(+)400	15,2	11,7	14,2	14,6	15,2

Для складання лінійного рівняння регресії використовуємо кодовану матрицю результатів експерименту. Увівши фіктивну змінну  $X_0 = \pm 1$  для визначення коефіцієнтів  $B_{1,2}$ ,  $B_{1,3}$ ,  $B_{2,3}$ , та  $B_{1,2,3}$ , враховуємо ефект взаємодії всіх факторів відповідно  $X_1X_2$ ,  $X_1X_3$ ,  $X_2X_3$ , та  $X_1X_2X_3$ . Матриця планування з фіктивною змінною  $i$  з урахуванням ефекту взаємодії факторів представлена в таблиці 3.

Лінійне рівняння регресії для трьох факторного експерименту має вигляд:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_{1,2}X_1X_2 + B_{1,3}X_1X_3 + B_{2,3}X_2X_3 + B_{1,2,3}X_1X_2X_3 \quad (1)$$

Таблиця 3

План-матриця ПФЕ 2<sup>3</sup> із взаємодією кодіваних факторів

№ досліду	Значення кодіваних факторів			Взаємодія кодіваних факторів				Середнє значення	Дисперсія
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	У	Д
1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	22,76	1,658
2	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	18,58	0,167
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	18,74	0,403
4	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	15,58	0,537
5	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	21,68	1,672
6	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	16,62	0,957
7	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	19,64	1,273
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	14,18	2,102
									Σ = 8,77

Чисельні значення коефіцієнтів  $B$  у рівнянні регресії, визначаються скалярним добутком середнього значення  $U_i$  на відповідний стовпець  $X$  та діленням на число дослідів за формулою

$$B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i X_i, \quad (2)$$

$$B_0 = \frac{1}{8}(22,76 + 18,58 + 18,74 + 15,58 + 21,68 + 16,62 + 19,64 + 14,18) = 18,47;$$

$$B_1 = \frac{1}{8}(-22,76 + 18,58 - 18,74 + 15,58 - 21,68 + 16,62 - 19,64 + 14,18) = -2,23;$$

$$B_2 = \frac{1}{8}(-22,76 - 18,58 + 18,74 + 15,58 - 21,68 - 16,62 + 19,64 + 14,18) = -1,44;$$

$$B_3 = \frac{1}{8}(-22,76 - 18,58 - 18,74 - 15,58 + 21,68 + 16,62 + 19,64 + 14,18) = -0,44;$$

$$B_{1,2} = \frac{1}{8}(22,76 - 18,58 - 18,74 + 15,58 + 21,68 - 16,62 - 19,64 + 14,18) = 0,08;$$

$$B_{1,3} = \frac{1}{8}(22,76 - 18,58 + 18,74 - 15,58 - 21,68 + 16,62 - 19,64 + 14,18) = -0,43;$$

$$B_{2,3} = \frac{1}{8}(22,76 + 18,58 - 18,74 - 15,58 - 21,68 - 16,62 + 19,64 + 14,18) = 0,32;$$

$$B_{1,2,3} = \frac{1}{8}(-22,76 + 18,58 + 18,74 - 15,58 + 21,68 - 16,62 - 19,64 + 14,18) = -0,18.$$

Лінійне рівняння, що описує процес після визначення коефіцієнтів регресії, матиме вигляд

$$Y = 18,47 - 2,23X_1 - 1,44X_2 - 0,44X_3 + 0,08X_1X_2 - 0,43X_1X_3 - 0,32X_2X_3 - 0,18X_1X_2X_3. \quad (3)$$

Проводимо статистичний аналіз одержаного рівняння. За критерієм Кохрена визначаємо відтворюваність дослідів.

$$Kp = \frac{D \max}{\sum_{i=1}^N D_i}, \quad (4)$$

де  $D \max$  – найбільше значення дисперсії з паралельних серій;

$\sum_1^N Di$  — сума дисперсій дослідів.

Провівши розрахунки матимемо:

$$Kp = \frac{1,672}{8,77} = 0,19.$$

Табличне значення критерію Кохрена знаходимо з додатка 2 [3] для довірчої ймовірності  $Pd = 0,95$  і числа ступенів свободи  $f = n - 1$ ,  $f = 5 - 1 = 4$  ( $K_T = 0,391$ ).

Оскільки  $0,19 < 0,391$ , відповідно досліди відтворювані, тоді дисперсію відтворюваності знаходимо як середню величину. Число ступенів свободи для цієї дисперсії знаходимо як

$$f = N(n - 1). \quad (5)$$

Дисперсію відтворюваності визначаємо за формулою:

$$Dy = \frac{1}{N(n-1)} \sum_1^N Di, \quad (6)$$

де  $N$  — кількість проведених дослідів;

$n$  — число повторностей у досліді;

$\sum_1^N Di$  — сума дисперсій дослідів.

$$Dy = \frac{1}{4 \times (4 - 1)} 8,77 = 0,73$$

Після знаходження дисперсії відтворюваності обчислено дисперсію коефіцієнтів регресії. Для плану ПФЕ дисперсії всіх коефіцієнтів регресії обчислюємо по формулі:

$$D\epsilon = \frac{Dy}{N \times n}. \quad (7)$$

Після цього підраховуємо середньоквадратичне відхилення по залежності:

$$D\epsilon = \frac{0,73}{(4 \times 4)} = 0,046$$

$$S = \sqrt{D\epsilon} \quad (8)$$

Значимість коефіцієнтів регресії визначаємо за допомогою критерію Ст'юдента ( $tm$ ). Для цього обчислюємо розрахункове значення критерію Ст'юдента  $tp$  за формулою:

$$S = \sqrt{0,046} = 0,21$$

$$tp = \frac{|Bi|}{S} \quad (9)$$

Після обчислень перевіряємо значимість коефіцієнтів регресії порівнюючи розрахункове їх значення з табличним таблиця 4.

Таблиця 4

**Результати розрахунку критерію Ст'юдента ( $tp$ ) для досліджуваних чинників**

Фактори та їх взаємодія	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1X_2$	$X_1X_3$	$X_2X_3$	$X_1X_2X_3$
Значення коефіцієнтів	-10,62	-6,86	-2,09	0,38	-2,05	1,52	-0,86

Порівнюємо з табличним значенням критерію Ст'юдента при числі ступенів свободи  $f = 8(5-1) = 32$ ,  $tm = 2,02$  при довірчій ймовірності  $Pd = 0,95$ . Якщо  $tp < tm$ , то коефіцієнт регресії не значимий.

Після проведених розрахунків остаточне рівняння регресії приймає вигляд:

$$Y = 18,47 - 2,23X_1 - 1,44X_2 - 0,44X_3 - 0,43X_1X_3 \quad (10)$$

Перевіряємо математичну модель на адекватність за критерієм Фішера, як відношення дисперсії адекватності до дисперсії відтворюваності.

$$Fp = \frac{D_{ад}}{D_y} \quad (11)$$

Дисперсія адекватності пов'язана з відхиленням експериментальних значень параметру оптимізації і знаходяться за формулою:

$$D_{ад} = \frac{n}{N-d} \sum_1^N (\bar{y} - y)^2, \quad (12)$$

де  $d$  – кількість коефіцієнтів регресії після відкидання не значимих факторів;

$\bar{y}$  – середнє значення параметру оптимізації в кожному досліді;

$y$  – розрахункове значення вихідної величини.

Знаходимо відхилення по дослідіах:

$$\begin{aligned} Y_1 &= 18,47 - 2,23(-1) - 1,44(-1) - 0,44(-1) - 0,43(+1) = 22,15; \\ Y_2 &= 18,47 - 2,23(+1) - 1,44(-1) - 0,44(-1) - 0,43(-1) = 18,55; \\ Y_3 &= 18,47 - 2,23(-1) - 1,44(+1) - 0,44(-1) - 0,43(+1) = 19,27; \\ Y_4 &= 18,47 - 2,23(+1) - 1,44(+1) - 0,44(-1) - 0,43(-1) = 15,67; \\ Y_5 &= 18,47 - 2,23(-1) - 1,44(-1) - 0,44(+1) - 0,43(-1) = 22,13; \\ Y_6 &= 18,47 - 2,23(+1) - 1,44(-1) - 0,44(+1) - 0,43(+1) = 16,81; \\ Y_7 &= 18,47 - 2,23(-1) - 1,44(+1) - 0,44(+1) - 0,43(-1) = 19,25; \\ Y_8 &= 18,47 - 2,23(+1) - 1,44(+1) - 0,44(+1) - 0,43(+1) = 13,93. \end{aligned}$$

Обчислюємо дисперсію адекватність рівняння, підставивши у формулу 12 значення будемо мати

$$\begin{aligned} D_{ад} &= \frac{4}{8-4} (22,76 - 22,15)^2 + (18,56 - 18,55)^2 + (18,74 - 19,27)^2 + (15,58 - 15,67)^2 + \\ &+ (21,68 - 22,13)^2 + (16,62 - 16,81)^2 + (19,64 - 19,25)^2 + (14,18 - 13,93)^2 = 2,34. \end{aligned}$$

Обчислюємо розрахунковий коефіцієнт критерію Фішера

$$Fp = \frac{2,34}{0,73} = 3,2.$$

Для знаходження табличного критерію Фішера ( $F_{таб}$ ) визначаємо

$$f_2 = N(n-1) = 8(5-1) = 32;$$

$$f_1 = N-d = 4-3 = 1.$$

Усі розраховані значення заносимо в таблицю 5.

Таблиця 5

#### Результати розрахунків

Позначення	$D_{ад}$	$f_2$	$f_1$	$F_{таб}$	$F_p$
Числові значення	2,34	32	1	3,32	3,2

Запропонована математична модель формула (10) адекватно описує досліджуваний процес, оскільки  $F_p < F_{таб}$ , і справедлива тільки лише в межах варіювання факторів.

Проаналізуємо отримане рівняння регресії

$$Y = 18,47 - 2,23X_1 - 1,44X_2 - 0,44X_3 - 0,43X_1X_3.$$

Вільний член відповідає середньому з 8 дослідів, а саме умовному виходу волокна. Величина коефіцієнтів при досліджуваних факторах свідчить про значущість того чи іншого фактора, а також їхньої взаємодії при відповідності умови  $tp > tm$ .

### **Висновок**

Найбільше впливає на вихід волокна, із досліджуваних факторів, розтягнутість стебел у стрічках розстилу, наступною по значущості є вилежаність трести, на останньому місці – щільність завантаження трести під час переробки. Взаємодія факторів за виключенням розтягнутості та щільності завантаження у межах варіювання факторів не впливає на процес виділення довгого волокна.

### **Література**

1. Макаєв В.І. Дослідження по варіації стебел льону-довгуниця за комлем в процесі вирощування та збирання / Макаєв В.І., Глязетдінов Р.Н. // Вісник Сумського національного аграрного університету, серія "Механізація та автоматизація виробничих процесів". - Суми. – 2005. – Вип. 13. – С. 30-34.
2. Макаєв В.І. Вплив розтягнутості трести льону-довгуницю на вихід довгого волокна / Макаєв В.І. // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. статей.. – Луцьк: ЛДТУ, 2007. – Вип. 15. – С. 196-199.
3. Мальцев П.М. Основы научных исследований / Мальцев П.М., Емельянова Н.А. – К. : Вища школа, 1982. – 192 с.