

УДК 631.17:633.16

ЛІНІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПРОРОЩУВАННЯ ЗЕРЕН ЯЧМЕНЮ

Харитоновна А.І., аспірант,*

Олексієнко В.О., к.т.н.,

Лісовий І.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

Анотація – у статті розглядається лінійна модель першого порядку, побудована на основі повного факторного експерименту, що дозволяє прогнозувати збільшення довжини паростків ячменю. Фактори моделі - доза випромінювання іонізації повітря, товщина шару зерна, вологість солоду.

Ключові слова – доза; якість; товщина шару; вологість солоду; повний факторний експеримент (ПФЕ); критерій.

Постановка проблеми. Розглядається динаміка зміни довжини пророщування зерна на основі ПФЕ, аналіз чинників, а також рівняння лінійної залежності від досліджуваних факторів.

У статті представлена лінійна модель першого порядку побудована на основі повного факторного експерименту, який значно спрощує розрахунки обробки даних при проведенні експерименту.

Аналіз останніх досліджень. У роботі представлені розрахунки з отримання лінійної залежності за допомогою ПФЕ, аналіз даних за допомогою критеріїв.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Одержання лінійної моделі для прогнозу збільшення довжини паростків ячменю від факторів - дози випромінювання іонізації повітря, товщини шару зерна і вологості солоду.

Основна частина. Експеримент був проведений на спеціальній лабораторній установці для прискореного пророщування солоду. При проведенні експерименту впливу факторів на процес пророщування солоду ячменю попередньо підготували три вибірки ячменю по 1000 г. Потім рівномірно розклали зерна в ємність і встановили режим завантаження іонізованого повітря, відповідний постановці експерименту в області максимальної продуктивності. В експериментальній установці встановили значення основних керованих факторів у раціональних межах рівня варіювання.

© Харитоновна А.І., аспірант, Олексієнко В.О., к.т.н., доцент, Лісовий І.О., к.т.н., ст. викладач

* Науковий керівник – к.т.н., доцент Олексієнко В.О.

При проведенні експерименту розглядалися фактори:

- Доза випромінювання іонізації повітря,
- Товщина шару зерна,
- Вологість солоду.

Повний факторний експеримент впливу факторів на збільшення довжини паростків ячменю (Y) полягав у варіюванні трьох факторів на верхньому (+) і нижньому (-) рівні, визначенні математичної моделі першого і другого порядків, виходячи з технологічних міркувань, дані заносились заносяться в таблицю 1.

Таблиця 1 – Рівні факторів і інтервали варіювання для планування експерименту

Рівні варіювання	Найменування факторів					
	Доза ви- проміню- вання іонізації повітря, rem, іонів в 1 см ³	Код	Товщи на шару зерна, s, см	Код	Вологість солоду F, %	Код
Кодове позначення	x_1		x_2		x_3	
Нульовий рівень	$5,05 \cdot 10^4$	0	2,5	0	45	0
Нижній	10^3	-	2	-	43	-
Верхній	10^5	+	3	+	47	+
Інтервал варіювання	$4,95 \cdot 10^4$		0,5		2	

Мета досліджень: отримання лінійної моделі виду

$$y_i = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (1)$$

Таблиця 2 - Розрахункова таблиця для ПФЕ першого порядку

Фактори				Фактори взаємодії				Відгуки			Серед не \bar{y}	Построчна дисперсія S_i^2
Z_0	Z_1	Z_2	Z_3	Z_{12}	Z_{13}	Z_{23}	Z_{123}	Y_1	Y_2	Y_3		
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2,05	1,98	2,04	0,0013
1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	2,08	2,12	2,14	2,05	0,00093
1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	2,16	2,14	2,18	2,16	0,0004
1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1,97	2,01	2	2,23	0,00043
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	2,08	2,09	2,07	2,08	0,0001
1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	2,07	2,1	2,15	2,09	0,00163

Продовження таблиці 2.

1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	2,26	2,28	2,24	2,26	0,0004
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	2,27	2,28	2,26	2,27	0,0001
												0,0053

Складається план відсіювання експерименту на основі стандартної матриці (табл. 2). Для усунення випадкової помилки експерименту виміри при кожному досліді проводилися тричі. Результати кодіваних факторів і факторів взаємодії представлені в таблиці 2.

Розширена матриця планування - X і матриця відгуків Y для ПФЕ першого порядку представлені

$$X := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}, \quad Y := \begin{pmatrix} 2.00 & 2.05 & 1.98 \\ 2.08 & 2.12 & 2.14 \\ 2.16 & 2.14 & 2.18 \\ 1.97 & 2.01 & 2.00 \\ 2.08 & 2.09 & 2.07 \\ 2.07 & 2.1 & 2.15 \\ 2.26 & 2.28 & 2.24 \\ 2.27 & 2.28 & 2.26 \end{pmatrix}.$$

Розрахункові блоки представлені в таблиці 2.

Таблиця 3 – Критерій Кохрена

<p>1. Критерій Кохрена построкові дисперсії</p> $S_i^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y}_i)^2,$ <p>де m – число паралельних дослідів, розрахункові і табличне значення</p> $G_p = \frac{S_i^2 \max}{\sum_{i=1}^N S_i^2},$ <p>$G_p < G_m (\alpha = 0,05; f_1 = m-1; f_2 = N)$</p> <p>Помилка досліду</p> $S_0^2 = \frac{S_v^2}{N}$	$S_i^2 \max = 0,0016$ $\sum_{i=1}^N S_i^2 = 0,0053$ $G_p = 0,308; \quad G_t = 0,516$ $0,308 < 0,516$ $S_0^2 = 0,00063$
--	--

Відтворюваність дослідів хороша, тобто $0,308 < 0,516$

Для зазначених факторів перевірялися й аналізувалися три критерії:

а) Критерій Кохрена (перевірка дисперсії на однорідність, тим самим усунення дослідів, заміри в яких сильно відрізнялися від інших, (табл. 3);

б) Критерій Стьюдента (перевірка коефіцієнтів на значущість), (табл. 4);

в) Критерій Фішера (перевірка моделі на адекватність або придатність), (табл.5).

Таблиця 4 – Критерій Стьюдента

<p>2. Критерій Стьюдента</p> <p>Коефіцієнти лінійної моделі</p> $B = (X^T X)^{-1} X^T Y$ <p>Дисперсії і коефіцієнти регресії</p> $S_{b_i}^2 = \frac{S_0^2}{N}$ <p>Розрахункові і табличне значення Стьюдента:</p> $t_{b_i} = \frac{ b_i }{S_{b_i}}$ <p>$t_m(\alpha = 0,05; k = N(m - 1))$</p>	$B = \begin{pmatrix} 2.124 \\ 3.333 \times 10^{-3} \\ -4.667 \times 10^{-2} \\ -5.5 \times 10^{-2} \\ -3.583 \times 10^{-2} \\ 1.25 \times 10^{-2} \\ 3.917 \times 10^{-2} \\ -3.167 \times 10^{-2} \end{pmatrix} \quad tb = \begin{pmatrix} 2.334 \times 10^2 \\ 0.366 \\ -5.128 \\ -6.044 \\ -3.938 \\ 1.374 \\ 4.304 \\ -3.48 \end{pmatrix}$ <p>$t_m(\alpha = 0,05; k = N(m - 1)) = 1,746$</p> <p>$b_1$ - коефіцієнт незначимий (в моделі не присутній)</p>
--	--

Таким чином, рівняння лінійної регресії

$$y_i = 81,331 + 5,256z_1 - 0,469z_2 - 12,144z_3 + 0,356z_1z_2 + 2,431z_1z_3 + 1,656z_2z_3 - 0,669z_1z_2z_3, \quad (2)$$

Оскільки коефіцієнти b_1, b_{12}, b_{123} незначимі, рівняння моделі

$$y_i = 81,331 - 0,469z_2 - 12,144z_3 + 2,431z_1z_3 + 1,656z_2z_3, \quad (3)$$

Для визначення адекватності моделі порівняємо критичне і розрахункове значення критерію Фішера

Таблиця 5 - Критерій Фішера

<p>3. Критерій Фішера (перевірка на адекватність) $S_{ad}^2 = \frac{m}{N-l} \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \tilde{y}_i)^2$</p> <p>де m - число паралельних дослідів; N - число рядків матриці планування; l - число значущих коефіцієнтів рівняння лінійної регресії.</p> <p>Розрахункове та табличне значення</p> $F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_0^2},$ <p>$F_t(\alpha = 0,05; f_1 = N-l; f_2 = N(m-1))$</p>	$S_{ad}^2 = 0,003137$ $F_p = 2,231$ $F_t(\alpha = 0,05; 2,16) = 2,334$ $2,231 < 2,334$
---	---

Розкодирована лінійна модель має вигляд

$$y_i = 142,39 - 0,016x_1 - 3,398x_2 - 0,807x_3 + 0,00022x_1x_3 + 0,041x_2x_3, \quad (4)$$

Висновки. Таким чином, у статті розглядалася лінійна модель першого порядку, побудована на основі повного факторного експерименту, завдяки якому значно спростилися розрахунки обробки даних при проведенні експерименту.

Література:

1. *Бондарь А.Г.* Планирование эксперимента в химической технологии. / А.Г. Бондарь, Г.А. Статюха // "Вища школа", Киев, 1976, - С.180.
2. *Доспехов В.А., Веденяпин Г.В.* Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос, 1973. – 199 с.
3. *Спиридонов А.А.* Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А.А. Спиридонов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
4. *Хемди А.* Введение в исследование операций. М.-К.: 2005.- 901 с.
5. *Бадретдинов Б.Ф.* Электротехнология и урожайность сельскохозяйственных культур / Б.Ф. Бадретдинов, А.А. Тюр, Я.М. Каюмов // Электрификация сельского хозяйства. – 2000. – Вып. 2. – С. 90 – 92.

6. *Домарецький В.А.* Вітчизняний та світовий досвід України у виробництві пива/ В.А. Домарецький, А.М. Куц, М.В. Карпутіна, І.В. Мельник// Харчова промисловість. – Київ: НУХТ, 2012. – С. 6-9.

ЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРОРАЩИВАНИЯ ЗЁРЕН ЯЧМЕНЯ

Харитонова А.И., Алексеенко В.А., Лисовый И.А.

Аннотация - в статье рассматривается линейная модель первого порядка, построенная на основе полного факторного эксперимента, позволяющая прогнозировать увеличение длины ростков ячменя. Факторы модели - доза излучения ионизации воздуха, толщина слоя зерна, влажность солода.

A LINEAR MODEL OF THE PROCESS OF GERMINATION OF BARLEY GRAINS

A. Kharytonova, V. Oleksienko, L. Lisovij

Summary

The first order linear model based on the full factorial experiment and enabling to predict the increase in the length of barley sprouts has been studied in the article. The model factors are dose of air ionizing radiation, layer thickness of the grain, malt moisture content.