

## ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС ПРОРОЩУВАННЯ СОЛОДУ

Харитоновна А. І., інженер,\*

ORCID: 0000-0002-7085-3100

Олексієнко В. О., к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-3438-874X

Петриченко С. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-3424-5316

Ломейко О. П., к.т.н.

ORCID: 0000-0001-7407-545X

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

*Постановка проблеми.* Відомо, що у собівартості продукції тваринництва, зокрема птахівництва, найбільшу частку становлять корми. Тому питання зниження їх вартості удосконаленням технології вирощування, заготівлі, зберігання, приготування та згодовування мають першочергове значення.

Важливою характеристикою корму є отримання органічно чистої продукції тваринництва [1, 3], тому що харчові продукти, вироблені в умовах органічного землеробства, набувають все більшого попиту [2, 3]. Зазвичай балансування кормових раціонів для сільськогосподарських тварин і птиці ґрунтується на досить дорогих високопротеїнових компонентах, застосуванні регуляторів росту, біостимуляторів та харчових добавок. Тому вирішення питання одержання екологічно чистого корму низької вартості для птахівництва, зокрема курей-несучок, на основі пророщування зерна є актуальним у даний час.

*Аналіз останніх досліджень.* Вивчення процесу прискореного пророщування зерна в умовах іонізації повітря присвячена велика кількість робіт теоретичного та експериментального характеру. Дослідженням цього процесу в свій час займались Чижевський А. Л., Вяземський Т. І, Мічурін І. В., Крадьонов В. П., Шмигель В. Н., Сабінін Д. А., Ксенз Н. В., Окулова В. А., Рахманін В. Г., Ізаков Ф. Я., Блонська А. П., Долгових О. Г. та інші дослідники різних країн.

Результати досліджень процесів пророщування зерна, проведених різними авторами, недостатньо узгоджуються, а іноді носять суперечливий характер, тому дане питання потребує подальшого вивчення і уточнення основних закономірностей.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної роботи є визначення впливу основних технологічних параметрів на швидкість проростання зерна в барабанній установці [4, 5, 6].

*Основна частина.* В результаті проведених попередніх досліджень було визначено, що впливовими факторами на зростання довжини паростків кормового солоду є доза іонізації повітря, товщина шару зерна і вологість солоду [9].

Результати пасивного експерименту, виконаного при зазначених факторах, отримані у триразовій повторності, представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати пророщування солоду під дією технологічних факторів

№ досліджу	Значення факторів			Довжина паростків $L$ , см			
				Повторення			Середнє $L_{cp}$
	$R$ , тис. іонів в $1\text{ см}^3$	$h$ , см	$w$ , %	$L_1$	$L_2$	$L_3$	
1	10	2,0	43	21	19	22	20,7
2	10	3,0	44	20	19	22	20,3
3	1	2,5	45	18	20	20	19,3
4	100	2,0	46	21	22	22	21,7
5	10	3,0	47	17	20	24	20,3
6	1	2,5	43	21	23	20	21,3
7	100	2,0	44	21	23	24	22,7

Згідно міжнародного стандарту ISO 5725-2 первинні експериментальні дані лабораторних досліджень, подані в табл. 1, за повторенням (рядками) повинні перевірятися на наявність грубих помилок (артефактів) за критерієм Граббса і на однорідність дисперсій повторів (стовбців) за критерієм Кохрена.

Перевірка, виконана за критерієм Граббса свідчить про відсутність грубих помилок серед виконаних замірів повторень на прийнятому рівні статистичної значущості  $\alpha = 0,05$  для цієї та інших критеріальних оцінок, так як  $U_{(3)} = 1,1547 < U_{0,5(3)} = 1,155$ , тобто емпіричне значення критерію менше критичного.

Перевірка однорідності дисперсій, виконана за критерієм Кохрена, свідчить, що дисперсії повторів однорідні, так як має місце  $G_{(3;7)} = 0,5286 < G_{0,5(3;7)} = 0,5612$  – емпіричне значення критерію менше критичного. Таким чином заміри по повторенням статистично значуще не відрізняються між собою.

Як показує аналіз наукових робіт при оцінці впливу технологічних параметрів на досліджуваний об'єкт застосовується лише лінійна модель – рівняння регресії першого порядку, тому саме її ми і будемо використовувати у наших дослідженнях.

У результаті статистичної обробки даних за усіма повтореннями, наведеними у табл. 1, з використанням пакета прикладних програм Statistica одержана табл. 2, з представленням вільного члена та коефіцієнтів отриманої математичної моделі – рівняння регресії першого порядку та їхньої статистичної оцінки.

Таблиця 2 – Сумарне рівняння регресії, яке описує функцію відгуку при лабораторних дослідженнях

	Коефіцієнт <b>B</b>	Стандартна похибка <b>B</b>	Критерій Стьюдента $t_{(3)}$	Рівень значущості, <b>p</b>
Вільний член	34,55775	9,23641	3,7415	0,0333
Доза іонізації <b>R</b>	0,02499	0,00963	3,4694	0,0404
Товщина шару зерна, <b>h</b>	0,50526	1,01121	3,3690	0,0434
Вологість солоду <b>w</b>	-0,35254	0,23808	3,2623	0,0471

Значущість вільного члена та коефіцієнтів отриманого рівняння визначена за  $t$ -критерієм Стьюдента (див. табл. 2) підтверджується величиною емпіричного рівня їх значущості варіюється у межах від 0,033 до 0,047, тобто він менше за прийнятий рівень значущості  $\alpha=0,05$ .

Визначений одночасно в табл. 2 скорегований коефіцієнт детермінації (коефіцієнт детермінації лінійної функції відгуку) становить  $R^2=0,607$ , тобто 60,7 % даних описується цим рівнянням.

Виконана при цьому перевірка рівняння регресії на придатність, тобто адекватність, виконана за  $F$ -критерієм Фішера, показує, що його розрахункове значення становить  $F_{(3;3)}=12,172$  при рівні значущості  $p=0,0347$ , тобто отримана математична модель статистично значуще описує досліджувану закономірність.

Саме рівняння регресії, яке є математичної моделлю досліджуваного процесу, тобто впливу досліджуваних факторів на залежну змінну, представлено виразом (1)

$$L = 34,5578 + 0,0250R + 0,505h - 0,353w. \quad (1)$$

Величина середнього значення довжини проростання зерна становить  $L = 20,9$  мм, вона відповідає значенням досліджуваних факторів: доза іонізації повітря  $R, = 33,14$  тис. іонів в  $1 \text{ см}^3$ , товщина шару зерна  $h, = 2,4$  см і вологість солоду  $w = 44,6$  %.

Отримане лінійне регресійне рівняння слід перевіряти на відсутність автокореляції (білого шуму) між спостережуваними показниками за методом Дарбіна-Уотсона [7, 10]. Цей метод придатний лише для оцінки лінійних рівнянь чи лінійних складових рівнянь нелінійного типу.

У пакеті прикладних програм Statistica для оцінки регресійних залишків функції відклику за методом Дарбіна-Уотсона визначаємо, що серіальна кореляція (тобто лінійна кореляція між сусідніми залишками), становить  $r_1=0,5413$ .

При відсутності автокореляції цей показник повинен знаходитися у межах від  $-t_{\alpha(n-1)}/\sqrt{n}$  до  $+t_{\alpha(n-1)}/\sqrt{n}$ , де  $n$  – обсяг вибірки.

У нашому випадку маємо для  $t_{0.5(7-1)} = 2,4469$ . У цьому разі отримуємо  $\pm 2,4469/\sqrt{7} = \pm 0,9248$  – таким чином зазначена умова виконується, що свідчить про відсутність автокореляції.

Результати лабораторних досліджень інтенсивності пророщування зерна ячменю під дією пар чинників – дози іонізації  $R$ , товщини шару зерна  $h$  і його вологості  $w$ , при фіксації третього фактору на нульовому рівні (відповідно – рівня іонізації  $R = 55$  тис. іонів на  $\text{см}^3$ , товщини шару зерна  $h = 2,5$  см і його вологості  $w = 45\%$ ) представлено виразами (2), (3), (4) які проілюстровані на рис. 1 поверхнями першого [8].

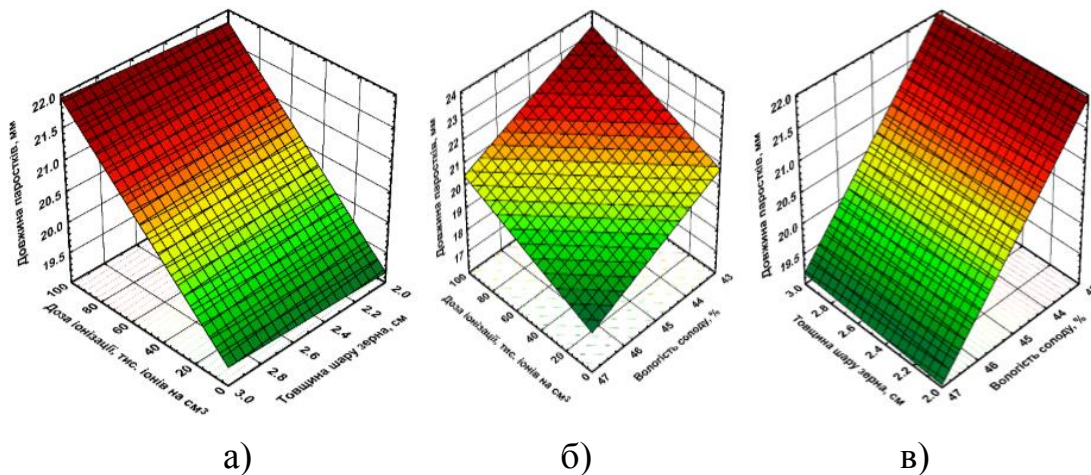


Рис. 1. Парний вплив факторів дози іонізації  $R$ , товщина шару зерна  $h$  і його вологості  $w$  на збільшення довжини паростків зерна ячменю.

$$L_{Rh} = 18,9028 + 0,0264 \cdot R + 0,1341 \cdot h; \quad (2)$$

$$L_{Rw} = 52,027 + 0,0264 \cdot R - 0,7286 \cdot w; \quad (3)$$

$$L_{hw} = 53,0225 + 0,1314 \cdot h + 0,7286 \cdot w. \quad (4)$$

Аналізуючи вирази (2), (3), (4) і рис. 1, бачимо, що інтенсивність швидкості пророщування зерна в барабанній установці статистично значуще зростає зі збільшенням дози іонізації повітря, зменшується з його вологістю і практично не залежить від товщини шару зерна.

Із цього можна зробити висновок, що для інтенсифікації процесу пророщування зерна слід підтримувати необхідну постійну вологість при дії на нього відповідної дози іонізації повітря і у разі необхідності продуктивність процесу регулювати зміною товщини шару солоду.

*Висновки.* Отже, проведений аналіз результатів лабораторних досліджень процесу пророщування солоду в установці барабанного типу дає змогу зробити наступні висновки:

1. Значущість вільного члена та коефіцієнтів отриманого рівняння визначена за  $t$ -критерієм Стюдента підтверджується величиною емпіричного рівня їх значущості варіюється у межах від 0,033 до 0,047, тобто він менше за прийнятий рівень  $\alpha = 0,05$ .

2. Перевірка одержаного лінійного рівняння регресії на придатність, тобто адекватність, виконана за  $F$ -критерієм Фішера, показує, що його рівень значущості становить  $p = 0,0347$ , тобто отримана математична модель статистично значуще описує досліджувану закономірність, причому вона пояснює 60,7 % досліджуваних експериментальних значень.

3. Середнє значення довжини проростання зерна становить  $L = 20,9$  мм, воно відповідає значенням досліджуваних факторів: доза іонізації повітря  $R = 33,14$  тис. іонів в  $1 \text{ см}^3$ , товщина шару зерна  $h = 2,4$  см і вологість солоду  $w = 44,6$  %.

4. Аналіз отриманої математичної моделі показує, що теоретично зі збільшенням дози іонізації повітря до 100 тис. іонів в  $1 \text{ см}^3$  інтенсивно зростає швидкість проростання зерна, у той час як збільшення вологості з 43 % до 47 % і товщини шару зерна з 2 см до 3 см повільно зменшує цей показник.

#### Література:

1. Саблук П. Т., Ходаківська О. В. Екологізація агропромислового виробництва – визначальна складова сучасної аграрної політики. *Перспективи екологізації аграрного виробництва України* / за ред. Ю. О. Лупенка, О. В. Ходаківської. Київ: ННЦ ІАЕ, 2012. 182 с.

2. Бейдик Н. М. Формування попиту на продукцію органічного виробництва. *Свинарство*. 2009. № 57. С. 50–56.

3. Guljamilya Kydyrova. Проращивание зерна. *Pinterest*: сайт. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=fEKEvmhkFa8&t=322s> (дата звернення: 12.03.2020).

4. Спосіб виробництва солоду: пат. 102571 Україна: МПК (2015.01) С12С 1/00. № 201503555; заявл. 16.04.2015, опубл. 10.11.2015. Бюл. № 21.

5. Пристрій для пророщування солоду: пат. 103227 Україна: МПК С12С 1/027 (2006.01). № 201505082; заявл. 25.05.2015, опубл. 10.12.2015. Бюл. № 23.

6. Пристрій для пророщування солоду із коаксіальними ємностями: пат. 140160 Україна: МПК С12С 1/027 (2006.01). № 201907261; опубл. 10.02.2020. Бюл. № 3.

7. Обработка экспериментальных данных в Excel: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов дневной формы обучения. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2012. 32 с.

8. Мілько Д. О., Бакарджієв Р. О., Комарова І. Б. Тернарне представлення поверхні відклику трифакторного експерименту. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 3. С. 224–229.

9. Харитоновна Г. І., Олексієнко В. О. Розробка технологій прискороного дозрівання солоду. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2015. № 1 (91). С. 73–75.

10. Козлов А. Ю., Мхитарян В. С., Шишов В. Ф. Статистические функции Excel в экономико-статистических расчетах. Москва: Юнити-Дана, 2010. 233 с.

## **ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС ПРОРОЩУВАННЯ СОЛОДУ**

Харитоновна А. І., Олексієнко В. О., Петриченко С. В., Ломейко О. П.

### **Анотація**

В роботі проведено аналіз результатів лабораторних досліджень процесу пророщування солоду для корму курей. Наведено результати швидкості пророщування солоду в залежності від технологічних параметрів: дози іонізації повітря, товщини шару і вологості солоду. Виконано перевірку на наявність грубих помилок і однорідність дисперсій повторів експериментальних даних, яка показала, що заміри по повторенням статистично значуще не відрізняються між собою. Отримана лінійна адекватна математична модель, яка на 60,7 % відповідає експериментальним значенням. Згідно неї збільшення дози випромінювання при іонізації повітря викликає інтенсивне зростання швидкості проростання зерна, у той час як збільшення вологості і товщини шару зерна повільно зменшує цей показник.

**Ключові слова** – лабораторні дослідження, доза іонізації повітря; товщина шару зерна; вологість солоду; швидкість пророщування; математична модель, перевірка на придатність, рівняння регресії.

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ПРОРАЩИВАНИЯ СОЛОДА**

Харитоновна А. И., Алексеенко В. А., Петриченко С. В., Ломейко А. П.

### **Аннотация**

В работе проведен анализ результатов лабораторных исследований процесса проращивания солода для корма кур. Приведены результаты скорости проращивания солода в зависимости от технологических параметров: дозы ионизации воздуха, толщины слоя и влажности солода. Выполнена проверка на наличие грубых ошибок и однородность дисперсий повторов экспериментальных данных, показала, что замеры по повторениям статистически значимо не отличаются между собой. Полученная линейная адекватная математическая модель, которая на 60,7% соответствует экспериментальным значениям. Согласно

ей, увеличение дозы излучения при ионизации воздуха вызывает интенсивное увеличение скорости прорастания зерна, в то время как увеличение влажности и толщины слоя зерна медленно уменьшает этот показатель.

**Ключевые слова** - лабораторные исследования, доза ионизации воздуха; толщина слоя зерна; влажность солода; скорость проращивания; математическая модель, проверка на пригодность, уравнение регрессии.

## **LABORATORY RESEARCH ON THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE PROCESSING OF MALT**

A. Kharitonova, V. Oleksiienko, S. Petrichenko, A. Lomeiko

### **Summary**

The urgency of reducing the cost of environmentally friendly feed in poultry is considered in the paper. The purpose of this work is to determine the influence of the basic technological parameters on the rate of grain germination in the drum unit. The analysis of the results of laboratory studies of the process of germination of malt for chicken feed was carried out. The results of the rate of germination of malt, depending on the technological parameters: the dose of air ionization, the thickness of the layer and the moisture of the malt. A check for gross errors and homogeneity of the variations of the replicates of the experimental data was performed, which showed that the measurements on the repetitions did not differ statistically significantly. The analysis of scientific works in assessing the impact of technological parameters on the object under study shows that only a linear model is used - the first-order regression equation, which is why it is used in our studies. A linear adequate mathematical model was obtained, which corresponds to experimental values by 60.7%. According to her, increasing the radiation dose during air ionization causes an intensive increase in the rate of germination of the grain, while an increase in the moisture and thickness of the grain layer slowly reduces this index. From this we can conclude that to intensify the process of germination of the grain should maintain the necessary constant humidity under the action of an appropriate dose of air ionization and, if necessary, to adjust the productivity of the process by changing the thickness of the layer of malt.

**Key words:** laboratory studies, dose of air ionization; the thickness of the grain layer; humidity of malt; germination rate; mathematical model, fit test, regression equation.