

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ З ПРОДУКТІВ ОБРОБКИ СТОКІВ

В.І. Піскун, В.М. Пенцов, О.С. Котляр
Інститут тваринництва УААН

Наведено результати оптимізації технологічних параметрів отримання кормової добавки та добрив з продуктів обробки стоків.

стоки, кормові добавки, гумінові добавки, біогумус

Ефективним способом покращення використання поживних речовин стоків та продуктів їх обробки є одержання із стоків високоякісних органічних добрив та кормових добавок для тваринництва, що забезпечує збільшення урожайності сільськогосподарських культур та продуктивності тваринництва, захист навколишнього середовища від забруднень [1-2].

На сучасному етапі в практиці тваринництва з метою підвищення продуктивності тварин використовується цілий ряд кормових добавок і особливо природного походження, до яких відносяться і препарати, які одержують із торфу та бурого вугілля і містять гумінові сполуки.

Механізм дії гумату натрію полягає в тому, що при надходженні його в організм нормалізуються деякі процеси травлення, поліпшується всмоктування продуктів травлення. Гумінова кислота, яка входить до складу препарату, попадаючи в організм, підсилює біоенергетичні процеси на рівні клітин, тим самим стимулює процеси метаболізму в тілі тварин. Гумат натрію стимулює нейро-гуморальну регуляцію статевих органів, що позитивно впливає на відтворювальну функцію [3].

Метою досліджень є розробка технології одержання кормової добавки з гуміновими сполуками, отриманими з продуктів обробки стоків, та визначення технологічних параметрів їх отримання.

Методика досліджень. Для відпрацювання запропонованої технології отримання кормової добавки та добрив проводилася розробка та виготовлення дослідної установки. Визначалися параметри, суттєво впливаючі на технологічний процес. Методами планування дослідів встановлювалися рівні визначених факторів для регулювання процесу. З використанням програмних засобів Turbo Pascal 6, MathCad 8, Microsoft Excel 97 будувалися математичні моделі для прогнозування оптимальної продуктивності установки.

Результати досліджень. Технологія одержання кормової добавки на установці по екстракції гумісолу, схема якої наведена на рис. 1, включає процеси:

- отримання бактеріальної суспензії з біогумусу;
- лужний та кислотний гідроліз біогумусу;
- промивка біогумусу.

Для оптимізації технології одержання кормової добавки та добрива

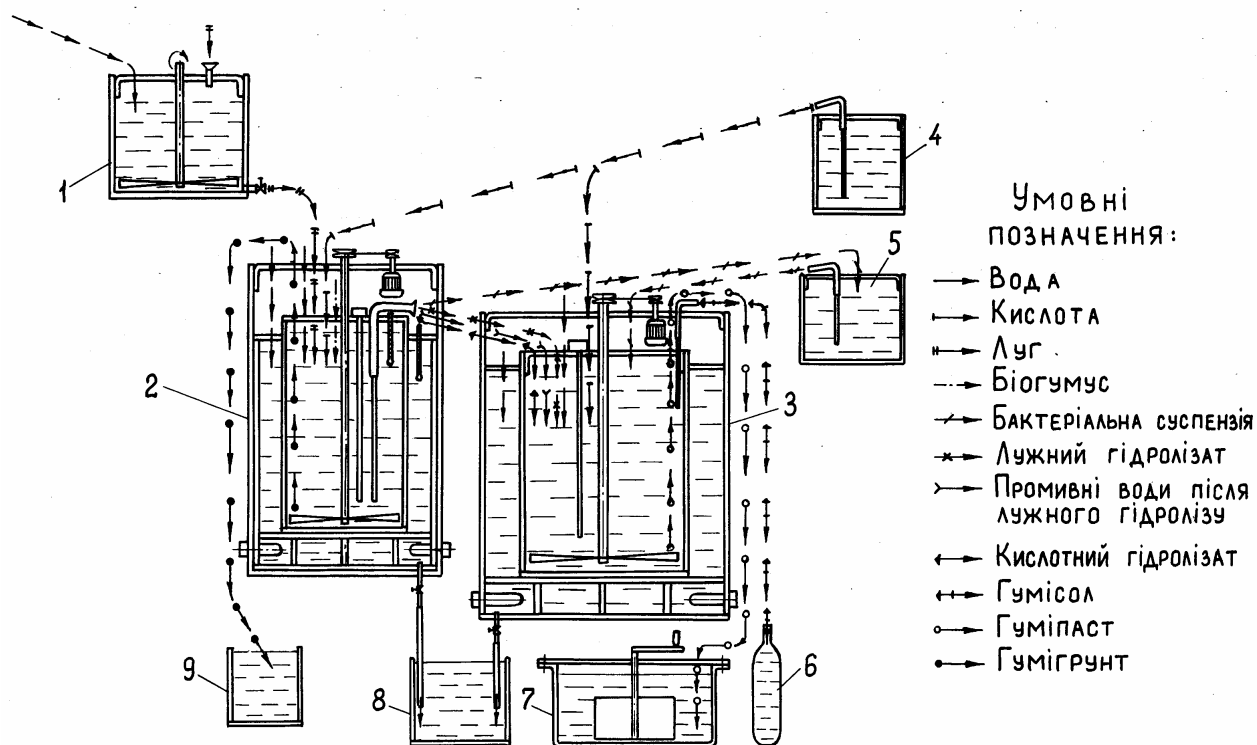


Рис. 1. Схема лабораторної установки одержання кормової добавки та добрива:

1 - бак розчину лугу; 2 - реактор гідролізу; 3- накопичувач-змішувач; 4 - ємкість для кислоти; 5- бак бактеріальної суспензії; 6 - ємкість для гумісолу; 7 - ємкість для гуміпасту; 8 - бак для води; 9 - ємкість не гідролізованого залишку

проведено вибір функції цілі - максимальний відсоток екстрагованої сухої речовини з біогумусу (Y_1 , %).

Вибір факторів, що впливають на технологічний процес одержання з біогумусу гумінових речовин (ГР), визначили за результатами аналізу проведених досліджень:

□ X_1 - температура, підтримувана в реакторі, °C; X_2 - час перемішування розчину, годин;

□ X_3 - маса біогумусу, що завантажується у реактор, кг/10 літрів;

□ X_4 - концентрація їдкого натру NaOH у суспензії, г екв./літр.

Пробна серія з 6 дослідів здійснювалася випадковим методом для точки факторного простору: $X_1=40^\circ\text{C}$, $X_2=1$ година, $X_3=0.75$ кг/10 л, $X_4=0.2$ г.екв./л.

У цій серії дослідів екстракцію ГР із біогумусу проводили в 10-літровому скляному реакторі, у який закладали 0,5 або 1,0 кг біогумусу (в останньому досліді 1,5 кг), доливали 4 л води (тут і далі водопровідна вода твердістю 1,5 г/л), перемішували 0,5 або 1,5 години при температурі 38,40 або 42°C, відстоювали 2 години, зливали 3 л бактеріальної суспензії, після чого додавали 9 л 0,1 Н або 0,3 Н (в останньому досвіді 0,5 Н) розчину їдкого натру, після чого перемішували протягом того ж часу при тій же температурі, відстоювали не менше 2 годин, зливали 9 л лужного гідролізату, потім доливали 3 л води, перемішували протягом того ж часу при тій же температурі, відстоювали протягом того ж часу, зливали 3 л промивних вод

після лужного гідролізу, потім доливали 3 л розчину лимонної кислоти (у кількості, необхідній для повної нейтралізації їдкого натру), перемішували протягом того ж часу при тій же температурі, відстоювали протягом того ж часу і зливали.

У зливах визначали вміст сухої речовини, вимитої з біогумусу та їх об'єм за технологічний цикл.

Обробку результатів експерименту при відсутності дублювання дослідів проводили за методикою, викладеною в роботі Спиридонова А.А. [4]. При оцінці значущості факторів та адекватності послідовності моделей у методі крутого сходження для обчислення дисперсії s_0^2 відтворення експерименту виконувалися декілька паралельних дослідів в центрах послідовних планів (таб. 4)

Результати проведених експериментів Y_{1e} пробної серії разом з результатами їхньої математичної обробки Y_{1m} представлені в таблицях 1 і 2.

Оскільки для випадково обраної матриці планування експериментів не виконується умова ортогональності $\sum_{j=1}^n X_{ij} = 0$ ($n=6$; $i=1, 2, 3, 4$), то для обчислювання коефіцієнтів лінійної моделі $Y_{1m} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$ та для побудови квадратичної регресійної моделі за результатами проведених дослідів нами з використанням методу найменших квадратів розроблена програма мовою Turbo Pascal 6.0.

По цій програмі для відносних координат факторного простору побудована модель 1:

$$Y_{1m} = 37.15 - 12.57X_1 + 14.77X_2 - 7.417X_3 + 8.37X_4, \quad (1)$$

по яких розраховані відгуки Y_{1m} , занесено в табл. 1.

1. Матриця планування для відносних координат факторного простору

Номер дослідів	Рівні факторів				Відгуки	
	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_{1e}	Y_{1m}
1.	0	+1	-1	+1	65.4	67.7
2.	0	-1	+1	-1	4.3	6.6
3.	+1	-1	-1	+1	25.6	25.6
4.	-1	-1	+1	+1	35.9	35.9
5.	-1	-1	-1	-1	36.3	34.0
6.	+1	+1	+1	+1	42.6	40.3

Для абсолютних координат факторного простору побудована модель 2:

$$Y_{1ma} = 264.779 - 6.283X_1 + 29.533X_2 - 29.917X_3 + 83.042X_4, \quad (2)$$

по яких розраховані відгуки Y_{1ma} , занесено в табл. 2.

2. Матриця планування для фактичних значень факторів

Номер досліджу	Фактори				Відгуки	
	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_{1e}	Y_{1ma}
1	40	1.5	0.5	0.3	65.4	67.7
2	40	0.5	1.0	0.1	4.3	6.6
3	42	0.5	0.5	0.3	25.6	25.6
4	38	0.5	1.0	0.3	35.9	35.8
5	38	0.5	0.5	0.1	36.3	34.1
6	42	1.5	1.0	0.3	42.6	40.2
7	42	1.5	1.5	0.5	41.7	41.8
8	36	2.5	0.1	0.5	прогноз	150.9

Ефекти факторів (подвоєні коефіцієнти) моделі Y_{1m} (1):

$$A = -25.14; \quad B = 29.54; \quad C = -14.834; \quad D = 16.74;$$

одного порядку значимості - їх усі можна вважати значимими.

Оскільки повторних дослідів на 1 етапі не проводили, то для перевірки адекватності побудованих моделей використано критерій Фішера у вигляді:

$$F_{ad} = \frac{\text{Середнє відхилення}}{\text{Середнє квадратичне відхилення}} < F_{кр}(p, N-1, N-(m+1)),$$

де: N - число дослідів;

$m+1$ - число коефіцієнтів моделі;

p - довірча імовірність;

$$\text{середнє відхилення} = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_{iэ} - Y_{im}|}{n};$$

$$\text{сер.кв. відхилення} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{iэ} - Y_{im})^2 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n |Y_{iэ} - Y_{im}|\right]^2}{n}}{n-1}};$$

Модель Y_{1m} (1) адекватна (середнє відхилення більше помилки апроксимації=1.19; F_{ad} =вірогідність=1.29 < $F_{кр}(0.95, 5, 1)=230,2$ і придатна для прогнозування напрямку руху до оптимуму з кроками зміни значень факторів

$$\Delta X_i \text{ зі співвідношень: } \frac{\Delta X_1}{A} = \frac{\Delta X_2}{B} = \frac{\Delta X_3}{C} = \frac{\Delta X_4}{D}.$$

Згідно з прогнозом моделі (1) було проведено другу серію з 12 дослідів з повторенням дослідів, де відгуки стали найбільшими, для вирахування помилки дослідів s_0 . Нова лінійна модель в абсолютному факторному просторі будувалася покроковим виключенням дослідів з великими розбіжностями. Результати чисельного аналізу у Microsoft Exel 97 моделі для відносних координат факторного простору табл. 3, наведені на рис. 2, показали, що ефекти факторів одного порядку значущості і усі 4 фактори значимі.

3. Рівні факторів для обчислення Y_1

Вар.	Y_{1a}	Y_{1b}	Y_{1c}	Y_{1d}	Y_{1e}	Вар.	Y_{1a}	Y_{1b}	Y_{1c}	Y_{1d}	Y_{1e}
а).	$X_1 = -3, \dots, +1,5$					б).	$X_2 = -2, \dots, +3$				
X_2	+1,2	+0,4	-1	0	+1	X_1	-2	-2	-1	0	+1
X_3	-1,4	-2,2	-1	0	+1	X_3	-1,4	-2,2	-1	0	+1
X_4	+4	+1,1	-1	0	+1	X_4	+4	+1,1	-1	0	+1
в).	$X_3 = -3, \dots, +3,5$					г).	$X_4 = -1,5, \dots, +9$				
X_1	-2	-2	-1	0	+1	X_1	-2	-2	-1	0	+1
X_2	+1,2	+0,4	-1	0	+1	X_2	+1,2	+0,4	-1	0	+1
X_4	+4	+1,1	-1	0	+1	X_3	-1,4	-2,2	-1	0	+1

Вплив факторів X_1 , X_2 , X_4 на відгук Y_1 описується квадратичною залежністю, а вплив фактора X_3 зворотний лінійний.

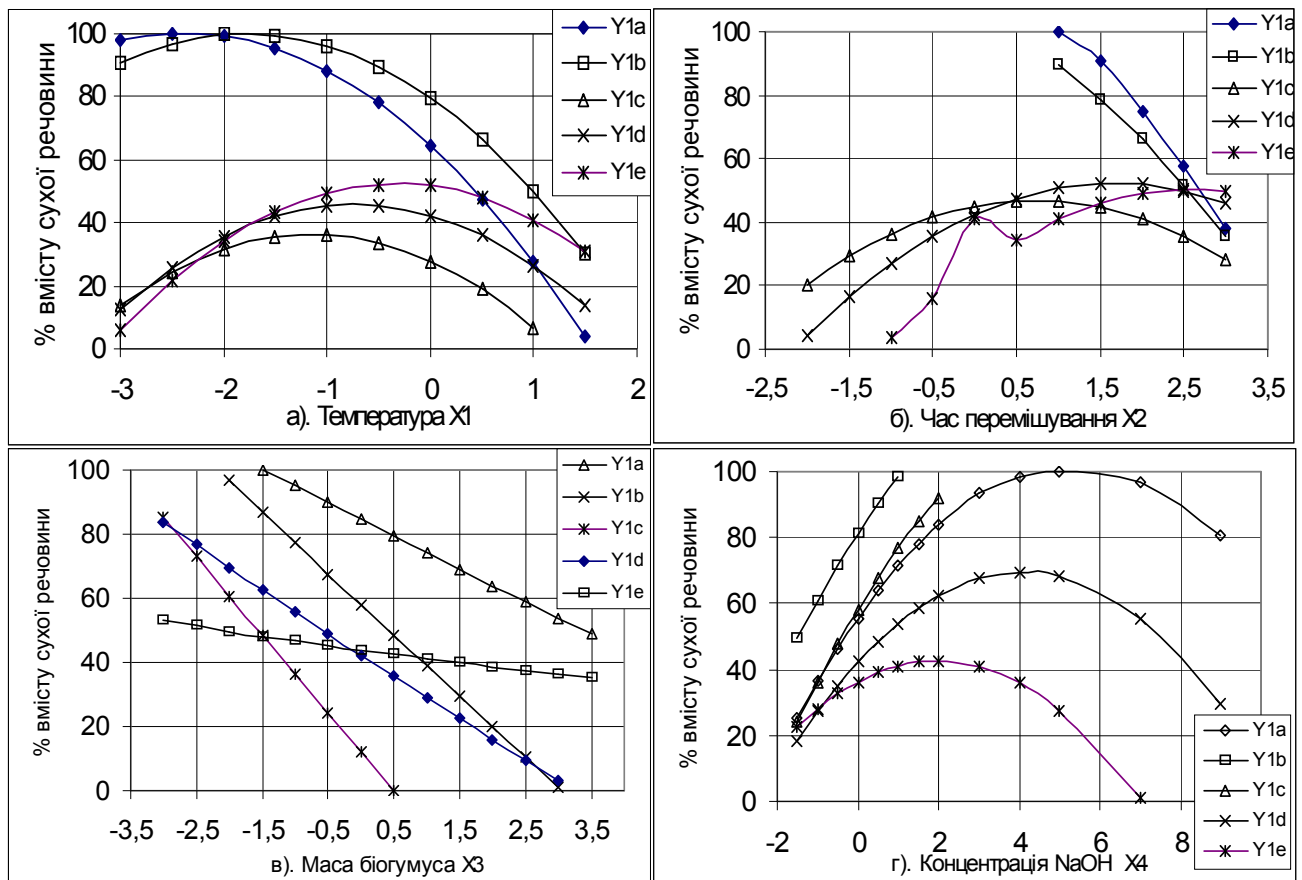


Рис. 2. Вплив факторів на вихід сухої речовини з реактора
Рівні факторів у таблиці 3.

Оптимум Y_1 знаходиться у межах рівнів факторів:

$$X_1 = -2,5 \div 0; \quad X_2 = 0 \div +1,5; \quad X_3 = -2,5 \div 0; \quad X_4 = 0 \div +4.$$

Точку факторного простору (36; 1.6; 0.4; 0.6) було прийнято точкою оптимуму для відгуку Y_1 , координати якого було уточнено побудовою нелінійної моделі з перевіркою третьою серією 7 прогнозованих моделлю дослідів.

Отримані з середнім відсотком помилки апроксимації $\varepsilon = 0.864$ за 20 дослідями 13 значимих коефіцієнтів поліноміальної моделі другого порядку

$$Y_1 = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i \cdot x_i + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=i}^4 b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j : \quad (3)$$

$$b_0 = -340.794282; \quad b_1 = 31.010150; \quad b_2 = -52.903277; \quad b_3 = -298.945130;$$

$$b_4 = 312.602600; \quad b_{11} = -0.567972; \quad b_{12} = 3.726865; \quad b_{13} = 4.929900;$$

$$b_{22} = -45.270394;$$

$$b_{23} = 24.703205; \quad b_{33} = 53.676477; \quad b_{34} = -138.508280; \quad b_{44} = 235.790261;$$

дали змогу дослідити модель на екстремуми, які знайдено з системи 4-х рівнянь за допомогою програмного продукту MaCad 8:

$$2b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + b_{13}x_3 + b_{14}x_4 = -b_1;$$

$$b_{12}x_1 + 2b_{22}x_2 + b_{23}x_3 + b_{24}x_4 = -b_2;$$

$$b_{13}x_1 + b_{23}x_2 + 2b_{33}x_3 + b_{34}x_4 = -b_3;$$

$$b_{14}x_1 + b_{24}x_2 + b_{34}x_3 + 2b_{44}x_4 = -b_4.$$

Було отримано два оптимуми для Y_1 з абсолютними координатами факторного простору:

$$1. \quad X_1 = 36^\circ; \quad X_2 = 1,6 \text{ години}; \quad X_3 = 0,40 \text{ кг/10 л.}; \quad X_4 = 0,60 \text{ г.екв/л.};$$

$$2. \quad X_1 = 36^\circ; \quad X_2 = 1,2 \text{ години}; \quad X_3 = 0,21 \text{ кг/10 л.}; \quad X_4 = 0,31 \text{ г.екв/л.}$$

За результатами прогнозування по моделі було проведено серію з трьох дослідів навколо другої екстремальної точки факторного простору, математична обробка яких дала підтвердження прогнозу.

Математична модель, отримана з середнім відсотком помилки апроксимації $\varepsilon = 1,526$ за результатами усіх 26 дослідів для відносних координат факторного простору, має вигляд :

$$Y_1 = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i \cdot x_i + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=i}^4 b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j , \quad (4)$$

$$b_0 = 52.521025; \quad b_1 = -5.563082; \quad b_2 = 8.542467; \quad b_3 = -10.453202; \quad b_4 = 10.511222;$$

$$b_{11} = -6.113976; \quad b_{12} = 2.635166; \quad b_{13} = 4.957919; \quad b_{14} = -5.677036; \quad b_{22} = -10.226792;$$

$$b_{34} = 2.363218; \quad b_{44} = -1.923219.$$

Математична модель, отримана з середнім відсотком помилки апроксимації $\varepsilon = 1,572$ за результатами усіх 26 дослідів для розмірних координат факторного простору, має вигляд:

$$Y_1 = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i \cdot x_i + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=i}^4 b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j , \quad (5)$$

$$b_0 = -2098.853621; \quad b_1 = 112.833547; \quad b_2 = -12.775547; \quad b_3 = -457.743286;$$

$$b_4 = 1244.139949; \quad b_{11} = -1.500774; \quad b_{12} = 2.671009; \quad b_{13} = 9.914390;$$

$$b_{14} = -28.321384; \quad b_{22} = -38.479243; \quad b_{34} = 95.635349; \quad b_{44} = -194.238673.$$

Статистики n_0 повторних дослідів послідовних планів, що були використані для оцінки значимості факторів та адекватності послідовності моделей, наведено у табл.4 (дані розподілу Стюдента $t_{кр}(0.95; n_0 - 1) / \sqrt{n_0}$ взято з ГОСТ 11.004-74 “Прикладная статистика”).

4. Статистики відгуків Y_1 повторних дослідів послідовних планів

Дослід	№ 1	№ 7	№ 10	№ 14	№ 18
y_{i1}	65,00	41,70	86,40	95,80	100,00
y_{i2}	67,46	51,48	90,00	92,30	99,99
y_{i3}		45,30	87,70		
n_o	2	3	3	2	2
Середнє $\bar{y}_i$	66,23000	46,16000	88,03333	94,05000	99,99500
Ст. відхилення s_o	1,73948	4,94639	1,82300	2,47487	0,00707
$t_{кр}(0.95;n_o-1)/\sqrt{n_o}$	4.46	1.69	1.69	4.46	4.46
Дов. інтервал Δb	7,75809	8,359404	3,080872	11,03794	0,031537

Висновки:

1. Розроблено удосконалений метод одержання кормової добавки та добрива, який включає процеси: отримання бактеріальної суспензії з біогумусу, лужний та кислотний гідроліз біогумусу, промивка біогумусу.
2. Створена математична модель процесу одержання кормової добавки та добрив, яка дає змогу оптимізувати технологічні параметри процесу.

Бібліографічний список

1. Пискун В.И. Ресурсосберегающая технологическая линия подготовки навоза к утилизации//Свиноводство. - 1996. - №6. - С. 19-22.
2. V.I. Piskun. Technology of processing of manure containing wastes the enterprises for manufacture of cattle-breeding production. STOCKBREEDING Journal of Animal Improvement, Number 3, Volume 58. Zagreb - 2004.
3. Рекомендации по применению гумата натрия (гумината) в животноводстве и птицеводстве. Высокос Н.П., Соловьева В.П., Калашник И.А., Чалый А.С. и др. Днепропетровский Государственный Аграрный Университет. Днепропетровск. 1991-С. 6-23.
4. Спиридонов. А.А. Планирование эксперимента. М. Машиностроение. 1981. С. 21-32.

Приведены результаты оптимизации технологических параметров получения кормовой добавки и удобрений из продуктов обработки стоков.

The results of optimization of technological parameters reception of the fodder additive and fertilizers from products of processing of drains are given.