

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ ПО МАСІ ДОБУВАННЯ СУХОЇ РЕЧОВИНИ З ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ СТОКІВ

В.І. Піскун, В.М. Пенцов, О.С. Котляр

Інститут тваринництва УААН

*Наведено результати оптимізації методами планування експерименту технологічних параметрів отримання на 10 літровій дослідній установці кормової добавки та добрив із продуктів обробки стоків при максимальному добуванні маси сухої речовини. Запропоновано нелінійну математичну модель для прогнозування продуктивності установок більшої ємкості.*

### стоки, біогумус, кормова добавка, гумінові сполуки

Відомо, що тільки повноцінна збалансована годівля сільськогосподарських тварин спроможна забезпечити їх високу продуктивність при менших затратах кормів на одиницю продукції. Практика виробництва свинини показала, що застосування концентратного типу годівлі забезпечує найнижчі затрати праці, електроенергії, пального, металоємності [1]. У той же час світові запаси зерна протягом останніх п'яти років скорочуються: у 2000-2001 роках вони становили 600 млн т, а в 2004-2005 рр. за прогнозами FAO вони будуть на рівні 360 млн т [2]. У вітчизняному кормовиробництві частка зерна в рецептах комбікормів становить 60 – 80 %. У країнах Америки та Західної Європи у складі комбікормів частка зерна становить 12–45 % [3]. Потреба в економії зерна викликала необхідність пошуку біологічних добавок, застосування яких дозволить знизити витрати поживних речовин та перетравної енергії на 1 кг приросту живої маси тварин. Такою добавкою природного походження є солі гумінових кислот, які можна виробляти з торфу [4], або з продуктів вермикомпостування стоків з тваринницьких ферм. Тому нами було удосконалено технологію одержання кормової добавки із біогумусу, в якій містяться гумінові сполуки [5].

Метою досліджень є оптимізація процесу отримання кормової добавки по масі добування сухої речовини з продуктів обробки стоків.

**Матеріал і методи досліджень.** Для оптимізації процесу одержання кормової добавки проведено вибір функції цілі - маса сухої речовини, що вимивається з біогумусу ( $Y_2$ ) та факторів, що суттєво впливають на цей процес:

$X_1$  – температура в реакторі,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$X_2$  - час перемішування розчину, години;

$X_3$  - маса біогумусу, що завантажується у реактор, кг;

$X_4$  - концентрація гідроксиду натрію (NaOH) у суспензії, г-екв/л.

Оптимізацію  $Y_2$  проводили за схемою проведення дослідів щодо оптимізації відсотка сухої речовини, екстрагованої з біогумусу ( $Y_1$ ) [5].

Результати дослідів опрацьовували з використанням програмних засобів Turbo Pascal 6, MathCad 8, Microsoft Excel 97.

**Результати досліджень.** При оптимізації процесу отримання кормової добавки по масі сухої речовини, екстрагованої з біогумусу, була проведена спробна серія з 7 дослідів, які проводили навколо точки факторного простору:

$X_1=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $X_2=1\text{ година}$ ;  $X_3=0,75\text{ кг}$ ;  $X_4=0,2\text{ г-екв/л}$ ;  
з інтервалами:  $\Delta X_1=2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta X_2=0,5\text{ години}$ ;  $\Delta X_3=0,25\text{ кг}$ ;  $\Delta X_4=0,1\text{ г-екв/л}$ .

Результати проведених експериментів  $Y_{2e}$  спробної серії разом з результатами їхньої математичної обробки  $Y_{2m}$  [6] у відносних і абсолютних координатах факторного простору наведено в табл. 1 і 2.

### 1. Матриця планування $Y_2$ для відносних координат факторного простору

| Номер дослідів | Рівні факторів |       |       |       | Відгуки, г |            |
|----------------|----------------|-------|-------|-------|------------|------------|
|                | $X_1$          | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $Y_{2e}$   | $Y_{2m}^6$ |
| 1              | 0              | +1    | -1    | +1    | 230,1      | 248,42     |
| 2              | 0              | -1    | +1    | -1    | 21,7       | 40,02      |
| 3              | +1             | -1    | -1    | +1    | 64,18      | 64,18      |
| 4              | -1             | -1    | +1    | +1    | 178,38     | 178,38     |
| 5              | -1             | -1    | -1    | -1    | 108,75     | 90,43      |
| 6              | +1             | +1    | +1    | +1    | 216,34     | 198,02     |

### 2. Матриця планування $Y_2$ для фактичних значень факторів

| Номер дослідів | Фактори |       |       |       | Відгуки, г |            |
|----------------|---------|-------|-------|-------|------------|------------|
|                | $X_1$   | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $Y_{2e}$   | $Y_{2m}^7$ |
| 1              | 40      | 1,5   | 0,5   | 0,3   | 230,10     | 248,42     |
| 2              | 40      | 0,5   | 1,0   | 0,1   | 21,70      | 40,02      |
| 3              | 42      | 0,5   | 0,5   | 0,3   | 64,18      | 64,18      |
| 4              | 38      | 0,5   | 1,0   | 0,3   | 178,38     | 184,79     |
| 5              | 38      | 0,5   | 0,5   | 0,1   | 108,75     | 84,15      |
| 6              | 42      | 1,5   | 1,0   | 0,3   | 216,34     | 204,43     |
| 7              | 42      | 1,5   | 1,5   | 0,5   | 311,62     | 305,21     |
| 8              | 36      | 1,0   | 1,5   | 0,9   | Прогноз 1  | 584,93     |
| 9              | 36      | 1,5   | 1,5   | 0,9   | Прогноз 2  | 649,62     |
| 10             | 36      | 2,0   | 1,5   | 0,9   | Прогноз 3  | 714,30     |
| 11             | 36      | 2,0   | 2,0   | 1,2   | Прогноз 4  | 860,03     |

За допомогою розробленої нами Pascal-програми, де застосовано метод найменших квадратів для визначення коефіцієнтів поліноміальної моделі для відносних координат факторного простору, побудована за 6 дослідів лінійна модель з помилкою апроксимації 9,46 г і  $F_{ад}$  рівний 1,29:

$$Y_{2m}^6 = 144,2225 - 54,8683X_1 + 64,6871X_2 + 2,2317X_3 + 41,7446X_4 \quad (1),$$

за якою розраховані відгуки  $Y_{2m}^6$  (див.табл. 1).

Ефекти факторів моделі  $Y_{2m}^6$ :

$$A = -109,7366; B = 129,3742; C = 4,4634; D = 83,4992;$$

різних порядків значущості – найбільш значимими можна вважати  $X_1, X_2, X_4$ .

Моделі  $Y_{2m}^6$  (1) адекватна (помилка апроксимації 9,46;  $F_{ад}$  становить  $1,29 < F_{кр}(0,95; 5; 1) = 230,2$ ) і придатна для прогнозування напрямку руху до оптимуму з кроками зміни значень факторів  $\Delta X$  і зі співвідношень:

$$\frac{\Delta X_1}{A} = \frac{\Delta X_2}{B} = \frac{\Delta X_3}{C} = \frac{\Delta X_4}{D}.$$

Відгуки  $Y_{2m}^7$  (див.табл. 2) розраховані за лінійною моделлю, створеною програмно з помилкою апроксимації 7 експериментальних даних 8,640 і  $F_{ад}$  дорівнює 1,42:

$$Y_{2m}^7 = 1006,34583 - 27,44167X_1 + 129,34167X_2 + 21,71667X_3 + 449,58333X_4 \quad (2)$$

Згідно з прогнозом моделі (2) було проведено другу серію дослідів із повторенням дослідів, де відгуки стали найбільшими, для вирахування помилки дослідів  $s_0$ . Нова лінійна модель в абсолютному факторному просторі будувалася покроковим виключенням дослідів із великими розбіжностями  $Y_{2e}$  і  $Y_{2m}^{15}$  із 15 проведених дослідів. Для значущих факторів розраховували кроки руху в напрямку до оптимуму і прогнозували моделлю очікувані відгуки  $Y_{2m}^{15}$ .

В області очікуваного оптимуму було проведено третю серію дослідів і за результатами усіх 28 дослідів (табл. 3) була побудована поліноміальна модель другого порядку:

$$\begin{aligned} Y_{2m}^{28} = & -11427,03849 + 609,04143X_1 - 113,37401X_2 - 1910,81817X_3 \\ & + 4554,09808X_4 - 8,03087X_1X_1 - 1,61925X_1X_2 + 50,14774X_1X_3 \\ & - 103,64986X_1X_4 + 57,822351X_2X_2 + 217,0143X_2X_3 \\ & - 221,20322X_2X_4 - 300,25115X_3X_3 + 860,64234X_3X_4 \\ & - 879,00459X_4X_4 \end{aligned} \quad (3)$$

Досягнутий у досліді №25 результат ( $Y_{2e} = 603,45$  грама сухої речовини), вимитої з 2 кг біогумусу, завантаженого у реактор експериментальної установки, можна вважати оптимальним для реактора ємкістю 10 літрів.

Прогнозовані моделлю (3) відгуки  $Y_{2m}^{28}$  для екстрапольованих рівнів факторів показують тенденцію їх зростання, але спроби провести експерименти з рівнями факторів  $X_3 > 2,0$  і  $X_4 > 1,2$  не призвели до зростання виходу сухої речовини за цикл.

Подальшими дослідом було встановлено, що при зростанні  $X_3$  та  $X_4$  одержана математична модель (3) може працювати лише до концентрації  $X_4$ , не вищої за 1,20, і відношенні  $X_3$  до об'єму реактора, не більшого ніж 0,20.

### 3. Матриця планування $Y_2$ (г) для фактичних значень факторів

| Дослід          | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $Y_{2e}$              | $Y_{2m}^{28}$ | Відхилення | % відхилення |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|---------------|------------|--------------|
| 1В              | 40,00 | 1,50  | 0,50  | 0,30  | 164,65                | 156,23        | 8,42       | 5,12         |
| 2               | 40,00 | 0,50  | 1,00  | 0,10  | 21,70                 | 20,98         | 0,72       | 3,32         |
| 3               | 42,00 | 0,50  | 0,50  | 0,30  | 64,18                 | 63,94         | 0,24       | 0,37         |
| 4               | 38,00 | 0,50  | 1,00  | 0,30  | 178,38                | 180,54        | -2,16      | 1,21         |
| 5               | 38,00 | 0,50  | 0,50  | 0,10  | 108,75                | 108,27        | 0,48       | 0,44         |
| 6               | 42,00 | 1,50  | 1,00  | 0,30  | 216,34                | 204,71        | 11,63      | 5,38         |
| 7А              | 42,00 | 1,50  | 1,50  | 0,50  | 311,62                | 310,30        | 1,32       | 0,42         |
| 7В              | 42,00 | 1,50  | 1,50  | 0,50  | 309,05                | 310,30        | -1,25      | 0,40         |
| 8               | 42,00 | 1,50  | 1,00  | 0,50  | 202,22                | 210,00        | -7,78      | 3,85         |
| 9               | 36,00 | 2,50  | 0,10  | 0,50  | 22,37                 | 21,50         | 0,87       | 3,91         |
| 10А             | 38,00 | 1,50  | 0,50  | 0,50  | 196,50                | 210,00        | -13,50     | 6,87         |
| 10Б             | 38,00 | 1,50  | 0,50  | 0,50  | 214,40                | 210,00        | 4,40       | 2,05         |
| 10В             | 38,00 | 1,50  | 0,50  | 0,50  | 208,33                | 210,00        | -1,67      | 0,80         |
| 11              | 38,00 | 1,50  | 0,50  | 0,10  | 129,30                | 135,40        | -6,10      | 4,72         |
| 12              | 42,00 | 1,50  | 0,50  | 0,10  | 49,44                 | 50,80         | -1,36      | 2,76         |
| 13              | 42,00 | 1,50  | 1,00  | 0,10  | 123,88                | 129,10        | -5,22      | 4,22         |
| 14А             | 37,00 | 1,60  | 0,40  | 0,60  | 169,86                | 161,90        | 7,96       | 4,69         |
| 14Б             | 37,00 | 1,60  | 0,40  | 0,60  | 163,64                | 161,90        | 1,74       | 1,07         |
| 16              | 36,00 | 1,50  | 0,50  | 0,50  | 260,36                | 238,85        | 21,51      | 8,26         |
| 17              | 37,00 | 1,50  | 1,50  | 0,50  | 337,80                | 332,45        | 5,35       | 1,58         |
| 18А             | 36,00 | 1,60  | 0,40  | 0,60  | 176,62                | 183,83        | -7,21      | 4,08         |
| 18Б             | 36,00 | 1,60  | 0,40  | 0,60  | 170,76                | 183,83        | -13,07     | 7,65         |
| 19              | 36,00 | 1,60  | 1,50  | 0,90  | 500,05                | 522,59        | -22,54     | 4,51         |
| 23              | 36,00 | 1,60  | 1,60  | 1,10  | 567,48                | 548,71        | 18,77      | 3,31         |
| 24              | 36,00 | 1,60  | 1,86  | 0,90  | 528,82                | 525,28        | 3,54       | 0,67         |
| 25              | 36,00 | 1,60  | 2,00  | 1,20  | 603,45                | 608,45        | -5,10      | 0,85         |
|                 |       |       |       |       |                       | Середнє       | 6,69       | 3,17         |
| Вилучені дослід |       |       |       |       | Стандартне відхилення |               | 6,52       | 2,35         |
| 1А              | 40,00 | 1,50  | 0,50  | 0,30  | 230,10                | 156,23        | 73,87      | 32,10        |
| 1Б              | 40,00 | 1,50  | 0,50  | 0,30  | 195,63                | 156,23        | 39,40      | 20,14        |
| 21              | 36,00 | 1,20  | 0,21  | 0,31  | 96,92                 | 131,30        | -34,38     | 35,48        |
|                 |       |       |       |       |                       | Середнє       | 49,22      | 29,24        |
| Прогноз         |       |       |       |       | Стандартне відхилення |               | 21,50      | 8,06         |
| 26              | 35,00 | 1,80  | 2,10  | 1,20  |                       | 639,08        |            |              |
| 27              | 35,00 | 2,00  | 2,10  | 1,20  |                       | 687,00        |            |              |
| 28              | 36,00 | 1,90  | 2,10  | 1,20  |                       | 729,00        |            |              |
| 29              | 36,00 | 2,00  | 3,00  | 1,60  |                       | 751,00        |            |              |
| 30              | 36,00 | 2,50  | 2,10  | 1,20  |                       | 843,00        |            |              |
| 31              | 36,00 | 2,60  | 2,10  | 1,20  |                       | 874,00        |            |              |
| 32              | 36,00 | 2,80  | 2,40  | 1,20  |                       | 996,00        |            |              |
| 33              | 36,00 | 2,80  | 2,50  | 1,30  |                       | 1018,00       |            |              |
| 34              | 36,00 | 3,00  | 2,50  | 1,30  |                       | 1103,00       |            |              |
| 35              | 36,00 | 3,00  | 2,70  | 1,40  |                       | 1133,00       |            |              |
| 36              | 36,00 | 3,00  | 3,00  | 1,60  |                       | 1165,00       |            |              |

При подальшому зростанні цих співвідношень факторів потрібно удосконалювати технологію одержання кормової добавки внаслідок дії факторів, які у нашій математичній моделі у першому наближенні не враховані.

Статистики повторних дослідів послідовних планів, що були використані для оцінки значущості факторів та адекватності послідовності моделей  $Y_{2m}$ , наведено у табл. 4.

#### 4. Статистика повторних дослідів $Y_2$ (г) послідовних планів

| Дослід                           | № 7     | № 10    | № 14    | № 18    | У середньому |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| $Y_{2i1}$                        | 311,62  | 196,50  | 169,86  | 176,62  |              |
| $Y_{2i2}$                        | 309,05  | 214,40  | 163,64  | 170,76  |              |
| $Y_{2i3}$                        |         | 208,33  |         |         |              |
| $n_0$                            | 2       | 3       | 2       | 2       |              |
| Середнє $\bar{Y}_{2i}$ , г       | 310,335 | 206,410 | 166,750 | 176,690 |              |
| Стандартне відхилення $s_0$ , г  | 1,817   | 9,103   | 4,398   | 4,144   | 4,866        |
| $t_{кр}(0.95; n_0-1)/\sqrt{n_0}$ | 4,46    | 1,69    | 4,46    | 4,46    |              |
| Довірчий інтервал $\Delta b$ , г | 8,10    | 15,38   | 19,62   | 18,48   | 15,396       |

Аналіз отриманих відгуків  $Y_{2e}$  у всіх проведених дослідах та прогнозованих моделлю (3) відгуків  $Y_{2m}^{28}$  дає можливість встановити такі закономірності:

маса та відсоток вимитої з біогумусу сухої речовини зв'язані формулою

$$Y_2 = Y_1 \cdot 0,48 \cdot X_3;$$

оптимуми  $Y_1$  отримуються при  $X_4 = 1,5 \cdot X_3$ ;

оптимуми  $Y_2$  отримуються при  $X_4 = 0,6 \cdot X_3$ .

#### Висновки:

1. Розроблено математичну модель та визначено межі її використання для оптимізації технологічного процесу отримання кормової добавки та добрива з продуктів переробки стоків за масою добування розчинних гумінових сполук.

2. Визначено, що оптимальні параметри технологічного процесу отримання кормової добавки та добрив при добуванні маси сухої речовини з продуктів обробки стоків становлять: температура 36,0 °С; час обробки біогумусу 1,60 години; маса завантаженого біогумусу у реактор 2,00 кг.

#### Бібліографічний список

1. Мороз Н.М., Липатников В.Ф. Экономическая эффективность различных типов кормления свиней // Зоотехния. – 1997.- №4.- С. 21-24.

2. Получение кормов на основе биоконверсии отходов // Комбикорма. - 2004.- № 8.- С. 40.

3. Гилл К. Структура промышленного производства кормов в мире // Комбикорма.-2004.-№ 8.- С.23-25.

4. Рекомендации по применению гумата натрия (гумината) в животноводстве и птицеводстве /Высокос Н.П., Калашник И.А. и др. Днепропетровск .- 1991.- 24 с.

5. Піскун В.І., Пенцов В.М., Котляр О.С. Оптимізація технології одержання кормової добавки з продуктів обробки стоків //Науково-технічний бюлетень. - №88.- Х.: Інституту тваринництва УААН, 2004.- С. 114-120.

6.Спиридонов А.А. Планирование эксперимента. – Москва: Машиностроение, 1981.- С. 21-32.

#### ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ПО МАССЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ СТОКОВ

В.И. Пискун, В.М. Пенцов, А.С. Котляр, Институт животноводства УААН

*Приведены результаты оптимизации методами планирования эксперимента технологических параметров получения на 10 литровой исследовательской установке кормовой добавки и удобрений из продуктов обработки стоков по максимальному извлечению массы сухого вещества. Предложена нелинейная математическая модель для прогнозирования производительности установок большей емкости.*

#### THE OPTIMIZATION OF FOOD ADDITIVE PRODUCTION PROCESS (BASED ON DRY MATTER MASS) FROM THE MANURE PROCESSING PRODUCTS

V. I. Piskun, V. M. Pentsov, O. S. Kotlyar, The institute of animal science UAAS

*The results of optimization by methods of planning of experiment of technological parameters of reception on 10 liter research installations of the fodder additive and fertilizers from products of processing of drains on maximal extraction of weight of dry substance are given. The nonlinear mathematical model for forecasting productivity of installations of greater capacity is offered.*

УДК: 636.3.03:332.012.32

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ РІВНІВ ІНТЕНСИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ВІВЧАРСТВА

**З.А.Поладян**

Інститут тваринництва УААН

*Викладено результати досліджень і розробок щодо визначення економічної ефективності виробництва вовни і баранини в залежності від рівня продуктивності овець. Встановлено, що при середніх діючих цінах реалізації по 550 грн. за 1 ц немитої вовни зменшується збитковість її виробництва, проте вона залишається на рівні мінус 82-72%. При собівартості 1 ц приросту 625 грн., 498 грн., 432 грн і 389 грн в умовах діючих цін реалізації по 690 грн з 1 ц живої маси овець забезпечує рівень рентабельності баранини відповідно 10,4%, 38,5%, 59,8% і 77,3%.*

#### **собівартість, вівці, вовна, продуктивність, рентабельність**

При переході галузі вівчарства України до умов ринкових відносин відбулося різке зниження виробництва вовни і баранини, зростання цін на основні й обігові засоби виробництва, значне зростання собівартості оди-ниці продукції та змінилась структура виробничих витрат. Тому вироб-ництво продукції вівчарства стало збитковим і неконкурентоспроможним.