

Розроблена схема гібридизації для отримання фінального чотирьохпородного гібрида є ефективною і забезпечить значне підвищення відтворювальних якостей свиноматок та нарощування об'ємів виробництва конкурентоспроможної м'ясної свинини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Pelykh V.G., Ushakova S.V., Pelikh N.L. Index evaluation of pigs and determination of selection limits. *Agric. sci. pract.* 2019; 6(1):67-74. (WOS).
2. Панкєєв, С.П., Ушаков М.О. Продуктивні ознаки свиней зарубіжних генотипів в умовах свинарського підприємства ТОВ «АФ «Воронцовське». *Таврійський науковий вісник*. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2019. Вип. 109. Ч. 2. С. 89–95.
3. Пелих В.Г., Гавріков Є.Д. Ефективність використання тварин м'ясних генотипів при промисловому схрещуванні та гібридизації у свинарстві. *Актуальні проблеми підвищення якості та безпека виробництва й переробки продукції тваринництва*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Дніпро, 14 лютого 2020 р. Дніпро, 2020. С. 126–129.
4. Пелих В.Г., Ушакова С.В. Ефект поєднаності помісних батьківських пар на підвищення продуктивності свиней. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2016. № 1. С. 49–52.
5. Пелих Н.Л., Бабаєва К.З. Відтворні якості кнурів та свиноматок різних генотипів. *Таврійський науковий вісник*. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2020. Вип. 116. Ч. 2. С. 135–140.
6. Ушакова С.В. Вплив кнурів різних порід на відтворювальні якості свиноматок у багатопородному схрещуванні. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2016. № 2. С. 68–70.

УДК 636.52/58:637.4:004.94

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.122.41>

МОДЕЛЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВІТАМІНУ E І МАЛОНОВОГО ДІАЛЬДЕГІДУ В ПЕЧІНЦІ ТА СІМЕННИКАХ ПТИЦІ

Сахацький Г.І. – к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри агротехнології
і агроінженерії,

Державний вищий навчальний заклад

«Приазовський державний технічний університет»

Десятський С.П. – к.фіз.-мат.н., доцент кафедри вищої
та прикладної математики,

Державний вищий навчальний заклад

«Приазовський державний технічний університет»

Відтворювальні якості птиці, зокрема виводимість яєць й якість молодняка, залежать від рівня вітамінної забезпеченості. У статті визначено вплив раціонів із різним вмістом вітаміну E та селену на концентрацію вітаміну E і малонового діальдегіду в печінці курей і півнів, концентрацію вітаміну E в сіменниках півнів. Тривалість дослідів – 7 місяців. Контрольна і дослідні групи птиці були сформовані за методом аналогів із курей, вирівняних

за живою масою в 140-денному віці. Птиця утримувалася в клітках. Основні параметри утримання, годівлі птиці відповідали встановленим вимогам. Обробку результатів проводили математичними і біометричними методами з визначенням критерію достовірності за Стьюдентом. Побудова регресійної залежності проводилася чисельною мінімізацією з використанням декількох генетичних алгоритмів пошуку екстремуму функції з подальшим обчисленням коефіцієнта детермінації. Встановлено, що додаткове збагачення раціону птиці вітаміном Е і селеном призвело до підвищення концентрації вітаміну Е в печінці курей і півнів, у сімenniках півнів. Збільшення вмісту вітаміну Е у печінці несучок і півнів, у сімenniках півнів непропорційне зростанню вітаміну Е та селену в раціоні. З підвищенням концентрації в раціоні вітаміну Е та селену зростання вмісту вітаміну Е в печінці і сімenniках птиці уповільнюється. Вміст малонового діальдегіду в печінці курей і півнів перебуває у зворотній залежності з концентрацією вітаміну Е та селену в раціоні птиці. Взаємозв'язки між значеннями розглянутих характеристик із високим ступенем надійності (коефіцієнт детермінації R^2 в усіх випадках перевищує 0,995) можуть бути апроксимовані запропонованими регресійними моделями задля прогнозування вищенаведених досліджуваних та результативних факторів.

Ключові слова: вітамін Е, селен, малоновий діальдегід, кури, півні, печінка, сімenniки, регресійні залежності.

Sakhatsky G.I., Desiatskyi S.P. Simulation of the concentration of E-vitamin and malonic dialdehyde in the liver and testes of poultry

The reproductive traits of poultry, egg hatchability and offspring features in particular, depend very much upon the level of vitamin provision. The article investigated the influence of the feed rations with different content of selenium and E-vitamin upon concentrations of E-vitamin and malonic dialdehyde in the liver of roosters and hens. The investigation lasted 7 months. The investigated and control groups of the poultry were selected by means of analog approach from birds equal in weight, whose age was 140 days. The poultry was kept in cages. The main parameters of keeping and feeding corresponded to standard requirements. The results were processed with the application of the mathematical and biometric methods with evaluation of confidence coefficient, according to Student. Regressive dependence was built up by means of numerical minimization with the application of several genetic algorithms of the search of the extreme function with subsequent calculation of determination coefficient. It was found out that additional enrichment of poultry rations with selenium and E-vitamin led to raised concentrations of E-vitamin in the liver of hens and roosters and in roosters' testes. Increase of the content of E-vitamin in the liver of hens and roosters and in roosters testes proved to be disproportionate to the increase of selenium and E-vitamin in feed rations. With the raise of concentration of selenium and E-vitamin in feed rations, the growth of E-vitamin content in the liver and testes of poultry slows down. The content of malonic dealdehyde in the liver of hens and roosters is in reverse dependence with the concentration of selenium and E-vitamin in poultry rations. Interrelations between the values of the investigated characteristics with high degree of reliability (determination coefficient R^2 exceeded 0.995 in all cases) can be approximated by means of the proposed regressive models for predicting investigated and resulting factors mentioned above.

Key words: E-vitamin, selenium, malonic dialdehyde, hens, roosters, liver, testes, regressive dependencies.

Постановка проблеми. Швидкий розвиток сучасного птахівництва зумовлений багатьма чинниками, серед яких найважливішими є використання нових високопродуктивних кросів птиці та технологій її утримання, застосування новітніх кормових засобів. У зв'язку з цим виникає постійна необхідність корекції та удосконалення норм годівлі сільськогосподарської птиці. Останніми роками пильна увага приділяється забезпеченню птиці жиророзчинними вітамінами та есенційними мікроелементами, дефіцит яких призводить до затримки фізичного та статевого розвитку, зумовлює патологію кісткової й сполучної тканин, викликає порушення в імунній та кровотворній системах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Забезпеченість птиці вітамінами і мікроелементами вважається важливим фактором її високої репродуктивної здатності [2; 4; 9; 10]. Обмін вітамінів А, Е і С як біологічних антиоксидантів

тісно пов'язаний із низкою мікроелементів [9; 10]. Відтворювальні якості птиці, зокрема виводимість яєць та якість молодняка, суттєво залежать від рівня вітамінної забезпеченості. Вважається, що вивід курчат є значним стрес-фактором і потребує певного антиоксидантного захисту [9; 10]. Вміст α -токоферолу в печінці ембріонів курей значно вищий, ніж у печінці дорослої птиці [11]. В процесі ембріогенезу курей відбувається інтенсивне споживання вітаміну *E* з жовтка яєць, концентрація його за 19 днів інкубації знижується на 45%, а за останні 2 дні – на 8% [6]. У перші 2–3 тижні життя курчат і молодняка інших видів сільськогосподарської птиці вміст вітаміну *E* в печінці знижується і досягає рівня дорослої птиці [11]. Додавання різних доз вітаміну *E* до раціону гусок призводило до збільшення вмісту вітаміну *E* в яйцях, печінці і жовтковому мішку гусенят і до зниження вмісту продуктів перекисного окислення ліпідів [12]. Вітамін *E* (токоферолі) регулює окисно-відновні процеси за допомогою стабілізації мембранних структур клітини, запобігає окисленню селену [2; 4; 9; 10]. Встановлено синергізм впливу цього вітаміну, селену та сірковмісних амінокислот на перекисні процеси організму. Вітамін *E* та селен проявляють синергічну дію в організмі птиці, впливають на її антиоксидантну й імунну системи [9; 10]. Збільшенню яєчної продуктивності промислового і батьківського стада та ефективності використання корму сприяло підвищення рівня селену в раціоні птиці до 0,5 мг/кг [13; 17]. Селен бере участь у формуванні механізмів, які визначають відтворювальну функцію тварин і птиці [20]. У самців за неадекватного рівня селену в раціоні порушується синтез стероїдних гормонів, знижується статевая активність і погіршується якість сперми [19]. Підвищення селену в раціоні птиці призводило до збільшення об'єму еякуляту, активності, концентрації та резистентності сперматозоїдів [1]. Оптимізація селенового живлення птиці позитивно впливає на інкубаційні якості яєць: підвищує їх заплідненість, виводимість та вивід молодняка [18], покращує якості яєчної шкаралупи [14]. Водні розчини селену в передінкубаційній обробці яєць сприяли ембріогенезу курчат [8].

Постановка завдання. Дослідження проведено з метою визначення впливу раціонів із різним вмістом вітаміну *E* та селену на концентрацію вітаміну *E* і малонового діальдегіду в печінці курей і півнів, на концентрацію вітаміну *E* в сімниках півнів. Було побудовано регресійні моделі залежності між вищенаведеними досліджуваними і результативними факторами.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження були проведені на курях батьківського стада кросу Ломан-Браун. Птиця утримувалася в клітковій батареї КБР-2. Схема досліду наведена в табл. 1.

На початку досліду, що тривав 7 місяців, контрольна і дослідні групи (по 70 курей і 7 півнів у кожній) були сформовані за методом аналогів із птиці, вирівняної за живою масою в 140-денному віці. Основні параметри утримання і годівлі відповідали встановленим вимогам [5; 16]. Птиці дослідних груп додатково давали вітамін *E* у вигляді синтетичного *DL*-альфа-токоферилацетату та селену у вигляді селеніту натрію згідно з вищенаведеною схемою. Наприкінці продуктивності з кожної піддослідної групи птиці за методом випадкової вибірки відібрали 5 курей і 5 півнів для визначення вмісту вітаміну *E* у печінці та сімниках. Крім того, в печінці курей і півнів визначали концентрацію малонового діальдегіду. Обробку результатів проводили математичними і біометричними методами [15] з визначенням критерію достовірності за Стьюдентом.

Таблиця 1

Схема досліджу

Група курей	Добавка на 1 кг комбікорму, мг	
	Вітамін <i>E</i>	Селен
1 (контрольна)	30	0,1
2	75	0,2
3	75	0,3
4	150	0,2
5	150	0,3
6	225	0,2
7	225	0,3
8	300	0,2
9	300	0,3

Для розрахунку величини зв'язку між досліджуваними та результативними факторами початкові дані були перетворені на вибірку $\{(E_i, Se_i, C_i)\}_{i=1}^n$ з подальшим пошуком найбільш придатної регресійної залежності $C = C(E, Se)$. Для кожної з залежностей були розглянуті лінійна та понад 100 нелінійних моделей. Побудова регресійної залежності проводилася чисельною мінімізацією з використанням декількох генетичних алгоритмів [21] функції:

$$L(A, B, \dots) = \sum_{i=1}^n (C_i - C(E_i, Se_i; A, B, \dots))^2$$

з подальшим обчисленням коефіцієнта детермінації:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (C(E_i, Se_i; A, B, \dots) - \bar{C})^2}{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2},$$

де $\bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i$. Як відомо [3], $0 \leq R^2 \leq 1$, причому $R^2 = 1$ тільки у випадку, коли залежність є точною для всіх точок (E_i, Se_i, C_i) , і $R^2 \approx 0$, якщо зв'язок між змінними відсутній. Найкращою вважалася залежність, для якої величина R^2 була найбільшою.

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати проведених біохімічних аналізів свідчать про те, що додаткове збагачення раціону птиці вітаміном *E* і селеном призвело до підвищення концентрації вітаміну *E* в печінці курей і півнів, у сіменниках півнів (табл. 2).

Концентрація вітаміну *E* в печінці курей та півнів зростає з підвищенням вмісту вітаміну *E* і селену у раціоні птиці. Водночас із підвищенням концентрації в раціоні вітаміну *E* та селену зростання вмісту вітаміну *E* у печінці уповільнюється. Збільшення кількості селену за однієї і тієї ж концентрації вітаміну *E* в раціоні призвело до зростання вмісту вітаміну *E* в печінці. Ця картина є характерною як для курей, так і для півнів усіх піддослідних груп. Аналогічні результати показав аналіз вмісту вітаміну *E* у сіменниках півнів. Зростання концентрації в раціоні вітаміну *E* призводить до підвищення його вмісту в сіменниках півнів, а зростання

селену в кормі позитивно діє на збільшення концентрації вітаміну. Концентрація малонового діальдегіду в печінці курей і півнів зменшується з підвищенням концентрації вітаміну *E* і селену в кормі. Вміст малонового діальдегіду у курей і півнів контрольної групи значно більший, ніж у підслідних (243,6 нмоль/г, порівняно з 197,8–152,8 нмоль/г, за $P > 0,999$ у курей; 253,4 нмоль/г, порівняно з 211,8–168,2 нмоль/г, за $P > 0,999$ у півнів).

Таблиця 2

Вміст вітаміну *E* та малонового діальдегіду в печінці й сімечниках птиці

Групи	Кури		Півні		
	Вміст вітаміну <i>E</i> в печінці, мкг/г	Вміст малонового діальдегіду в печінці, нмоль/г	Вміст вітаміну <i>E</i> в печінці, мкг/г	Вміст малонового діальдегіду в печінці, нмоль/г	Вміст вітаміну <i>E</i> в сімечниках, мкг/г
1	11,8±1,0	243,6±6,5	14,4±1,3	253,4±6,5	8,6±0,6
2	20,7±1,3***	197,8±5,4***	23,4±1,4***	211,8±6,7**	13,1±0,9**
3	21,8±1,5**	194,8±5,3***	24,5±1,5***	209,2±5,7***	14,3±0,8***
4	27,8±1,7***	187,6±5,8***	30,0±1,8***	199,0±5,6***	18,2±1,1***
5	30,0±1,8***	184,0±5,8***	31,5±1,7***	197,6±6,1***	19,2±1,3***
6	32,9±1,6***	169,0±5,3***	36,0±1,8***	188,6±5,4***	22,2±1,4***
7	35,2±1,5***	166,4±5,2***	37,5±1,7***	186,0±5,2***	21,8±1,5***
8	39,0±1,6***	158,4±4,9***	43,8±1,8***	172,4±5,1***	23,3±1,5***
9	41,4±1,7***	152,8±5,2***	45,7±1,9***	168,2±5,1***	23,6±1,4***

** $P > 0,99$, порівняно з контролем; *** $P > 0,999$, порівняно з контролем

Працездатність програм, що реалізують алгоритми, була перевірена на великому числі тестових моделей. Отримані результати збігаються з відомими. Можливе також використання систем комп'ютерної алгебри типу *Wolfram Mathematica*, що мають вбудований модуль оптимізації. Відзначимо, що для лінійної багатфакторної моделі часто застосовується підхід з економетрики [7], який використовує матричне подання початкових даних. Найбільш простою та придатною в усіх випадках виявилася лінійно-гіперболічна модель:

$$C(E, Se) = a + bE + \frac{c}{Se},$$

з різними значеннями параметрів.

Отримані результати представлені в табл. 3 у вигляді рівнянь найкращих із отриманих залежностей.

В усіх випадках значення коефіцієнта детермінації R^2 було більше, ніж 0,995. Це означає, що отримана модель пояснює понад 99,5% зміни відповідної залежної змінної. Була також проведена перевірка значущості отриманих коефіцієнтів. Із цією метою для рівня значущості $\gamma = 0,98$ були побудовані довірчі інтервали для параметрів моделей. Вони не містили нульового значення, а це означає, що з імовірністю помилки, меншою, ніж $\alpha = 1 - \gamma = 0,02$, відповідний параметр повинен входити в модель.

Таблиця 3

Рівняння найкращих залежностей

Показники	Рівняння залежності	Коефіцієнт детермінації
Вміст вітаміну E в печінці курей, мкг/г	$C_{E(h)} = 20,251 + 0,0824E - \frac{1,1017}{Se}$	$R^2 = 0,999$
Вміст малонового діальдегіду в печінці курей, нмоль/г	$C_{M(h)} = 190,11 - 0,19598E + \frac{5,61370}{Se}$	$R^2 = 0,999$
Вміст вітаміну E в печінці півнів, мкг/г	$C_{E(c)} = 20,717 + 0,0912E - \frac{0,90491}{Se}$	$R^2 = 0,999$
Вміст малонового діальдегіду в печінці півнів, нмоль/г	$C_{M(c)} = 205,780 - 0,1845E + \frac{4,994}{Se}$	$R^2 = 0,997$
Вміст вітаміну E в сім'ячках півнів, мкг/г	$C_T = 13,698 + 0,0442E - \frac{0,614}{Se}$	$R^2 = 0,996$

Висновки і пропозиції. Зростання вмісту вітаміну E у печінці несучок і півнів, у сім'ячках півнів непропорційне зростанню вітаміну E та селену в раціоні. З підвищенням концентрації в раціоні вітаміну E і селену зростання вмісту вітаміну E у печінці уповільнюється. Вміст малонового діальдегіду в печінці курей і півнів перебуває у зворотній залежності з концентрацією вітаміну E та селену в раціоні птиці.

Взаємозв'язки між значеннями розглянутих характеристик із високим ступенем надійності (коефіцієнт детермінації R^2 в усіх випадках перевищує 0,995) можуть бути апроксимовані запропонованими регресійними моделями для прогнозування вищенаведених досліджуваних та результативних факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аксенов Р.И., Трифонов Г.А. Влияние селеносодержащих препаратов на репродуктивные качества петухов. *Птицеводство*. 2004. № 3. С. 4–5.
2. Вальдман А.Р. Витамины в животноводстве. Рига : Зинатне, 1977. 352 с.
3. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач : учеб. пособие для вузов. 2-е изд, перераб. и доп. Москва : Наука, 1988. 552 с.
4. Витамины в питании птицы / А.Р. Вальдман и др. Харьков : Оригинал, 1993. 423 с.
5. Ветеринарно-санітарні правила для птахівницьких господарств і вимоги до їх проєктування, затв. Наказом Головного державного інспектора ветеринарної медицини України від 3 липня 2001 р. № 53. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0565-01#Text>.
6. Вплив складу раціону для племінних курей на якість інкубаційних яєць, рівень каротиноїдів і жиророзчинних вітамінів А і Е у жовтку яєць і тканинах ембріонів і курчат / А.В. Гунчак та ін. *Птахівництво* : матеріали V Української конф. з птахівництва з міжнародною участю. 2004. № 55. С. 234–243.
7. Доугерти К. Введение в эконометрику / пер. с англ. Москва : ИНФРА-М, 1997. 402 с.

8. Дяченко Л.С., Погібельна Ю.О. Ефективність селену в передінкубаційній обробці яєць і годівлі курчат. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 8. С. 37–40.
9. Іонов І.А. Фізіологічний статус птиці в ембріогенезі та постнатальному онтогенезі залежно від її А-, Е- та К-вітамінної забезпеченості : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : 03.00.13. Харків, 1997. 32 с.
10. Іонов И.А. Витамины Е и С как компоненты антиоксидантной системы эмбрионов птиц и млекопитающих. *Украинский биохимический журнал*. 1997. Т. 69. № 5–6. С. 3–11.
11. Іонов І.А., Сурай П.Ф., Шаповалов С.О. Формування антиоксидантного статусу птиці в ембріогенезі. *Біологія тварин*. 1999. № 2. С. 79–84.
12. Куткіна Л.Б., Янович В.Г. Вміст вітаміну Е і продуктів перекисного окиснення ліпідів у яйцях, печінці і жовтковому мішку гусенят за різного вмісту вітаміну Е в раціоні гусок. *Біологія тварин*. 2004. № 1–2. С. 140–143.
13. Отченашко В.В. Продуктивність курок-несучок при використанні збагачених вітаміном Е та селеном комбікормів із різними рівнями жовтої кукурудзи та люцернового борошна. *Науковий вісник Національного аграрного університету* : зб. наук. праць. 1999. Вип. 19. С. 126–131.
14. Петросян А.Б. Микроэлементное питание птицы. Достижение оптимального формирования скорлупы. *Птица и птицепродукты*. 2009. № 4. С. 36–38.
15. Плохинский Н.А. Математические методы в биологии : учебно-метод. пособие. Москва : Издательство Московского университета, 1978. 265 с.
16. Рекомендації з нормування годівлі сільськогосподарської птиці / під ред. Ю.О. Рябокони. Бірки : Інститут птахівництва УААН, 2005. 101 с.
17. Селен в комбікормах для м'ясних кур / И.А. Егоров и др. *Птицеводство*. 2006. № 6. С. 13–14.
18. Сивик Т.Л., Дяченко Л.С. Селен та інкубаційні якості яєць. *Сучасне птахівництво*. 2008. № 7–8. С. 29–31.
19. Фисинин В.И., Папазян Т.Т. Качество спермы петухов: роль селена. *Птицеводство*. 2003. № 4. С. 5–7.
20. Фисинин В.И., Папазян Т.Т. Селен и воспроизводительные качества кур. *Птицеводство*. 2003. № 3. С. 6–7.
21. Poli R., Langdon W.B., McPhee N.F. A Field Guide to Genetic Programming. San Francisco. March 2008. URL: http://www0.cs.ucl.ac.uk/staff/W.Langdon/ftp/papers/poli08_fieldguide.pdf.