

6. Кравченко Н. А. Разведение сельскохозяйственных животных /Кравченко Н.А. – М.,1963. – 311 с.
7. Методологічні аспекти збереження генофонду сільськогосподарських тварин [Зубець М.В., Буркат В.П., Мельник Ю.Ф. та ін.]; за ред. І.В.- Гузева. - К.:Аграрна наука, 2007. - 119с.
8. Програма селекції з локальними та зникаючими генотипами свиней України на 2003-2012 роки [Мельник Ю.Ф., Литовченко А.М., Рибалко В.П. та ін.];за ред. С.Л. Войтенко. – П.: Освітаіфоком, 2003. – 94 с.
9. Серебровский А.С. Геногеография и генофонд сельскохозяйственных животных / А.С.Серебровский // Научное слово.- 1928.-№ 8.-С. 7-42.
- 10.Эйснер Ф.Ф. Проблемы сохранения и рационального использования генофонда сельскохозяйственных животных / Ф.Ф. Эйснер // Бюл. ВНИИРГЖ.-1983.- Вып. 63.-С. 6-10.
11. Beilharz R.G. Genservation of animal genetic resources / R.G. Beilharz // Domestication, conservation and use of animal resources.- Amsterdam ets. A. FAO.- 1983-P. 93-105.
12. EAAP (FAO Survey of livestock populations global animal genetic dame Bank EAAP-Hanover; EAAP/FAO.- 1991.- 7 p.

УДК 57:519.2:636.082(075.8)

ГЕНЕТИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК У ТВАРИННИЦТВІ: ОГЛЯД

Гиль М.І.,Крамаренко С.С.

Вступ. Математичний аналіз та моделювання використовуються в різних галузях тваринництва вже давно. В найбільшій мірі математичні моделі використовуються для опису процесів динаміки живої маси з віком (криві росту живої маси), процесів динаміки продукування молока протягом лактації (лактаційні криві) та процесів динаміки яєчної продуктивності domestикованої птиці (криві яєчної продуктивності). Лише у другій половині ХХ століття було розроблено більше десятка математичних моделей, які дозволяють проводити аналіз та робити прогноз продуктивності на підставі тих чи інших припущень. Таким чином, головною метою нашої роботи став огляд найбільш поширених математичних моделей кривих росту, лактаційних кривих, кривих яєчної продуктивності та аналіз особливостей їх використання.

Огляд. Розвиток генетичних досліджень про мінливість, спадковість і взаємозв'язок господарсько корисних ознак тварин призвів до широкого використання арсеналу математичних методів, насамперед, для точної оцінки продуктивних та племінних якостей тварин, визначення впливу на них окремих факторів, в тому числі спадковості й середовища у формуванні цих ознак, для обчислення зв'язку між ознаками, а також визначення ефективності методів селекції і прогнозування генетичного прогресу в поколіннях [1].

Одним із основних методів, який дозволяє вивчати біосистеми і вирішувати завдання сільськогосподарського виробництва є *метод математичного моделювання*, методологічні основи якого викладено у ряді робіт [2]. Його сутність полягає у вивченні об'єктів, явищ, процесів шляхом побудування математичної моделі та її вивчення. Як вказують Дж.Франс і Дж. Х.М.Торклі [3], математична модель представляє собою набір формальних відношень, які відображають поведінку досліджуваного об'єкту. І вже Ю.Г.Антомонов [4], М.Е.Браславец, Т.Ф.Гуревич [5] та Н.Н.Любимов [6] надали класифікації біологічних моделей.

Дж.Франс і Дж. Х.М.Торклі [3] сформулювали ряд положень, із яких витікає ефективність математичного моделювання: 1) гіпотези, що виражені математично, можуть використовуватись в якості кількісного опису біологічних або

сільськогосподарських проблем, а також сприяти більш глибокому їх розумінню; 2) математична модель сприяє представленню результатів наукових досліджень у формі найбільш зручній для використання; 3) завдяки моделі може бути оцінена економічна ефективність результатів наукових досліджень, що стимулює оперативність їх впровадження у виробництво; 4) математична модель дає можливість скоротити обсяг коштовних тривалих експериментальних робіт; 5) математичне моделювання – потужний засіб узагальнення різнорідних даних про об'єкт, що дозволяє здійснити як інтерполяцію (відновлення недостатньої інформації про минуле), так і екстраполяцію (прогнозування майбутньої поведінки об'єкту); вони ж найбільш вдало і типізували математичні моделі [7].

Важливим етапом моделювання є синтез параметрів моделі. Критерієм найкращих значень параметрів моделі може бути мінімум квадратичної помилки, або мінімум інтегралу від квадратичної помилки. Для знаходження параметрів моделі, які задовольняли б даному критерію, частіше всього вирішується система рівнянь, або здійснюється програма спуску у просторі параметрів моделі. Обидва варіанти обчислення параметрів моделі зручно реалізовувати з використанням ЕОМ.

Серед різноманіття підходів до побудування моделей біооб'єктів виділяють два напрямки. Перший включає *розрахунок рівнянь регресії* під набір даних у межах одного експерименту чи серії однорідних експериментів (опис даних). Другий напрямок ґрунтується на *використанні узагальнених знань про стійкі внутрішні зв'язки в об'єктах*, інваріантних по відношенню до варіювання внутрішніх і зовнішніх умов і теоретичне відтворення цих зв'язків на моделі у вигляді "ланцюга" чи мережі причинно-наслідкових і функціональних співвідношень, початої від валових показників і доведеної до молекулярно-клітинних процесів [8].

В біології розроблено велику кількість моделей фізіологічних та біохімічних процесів, які відображають структурні особливості організмів. В той же час, у тваринництві, а особливо у скотарстві, ці питання практично не вивчено, що є наслідком складного процесу диференціальної оцінки полігенних ознак продуктивності за їх компонентами.

В сучасних селекційних програмах важливе значення приділяють прогнозуванню основних господарсько корисних ознак тварин та птиці. Це обумовлено необхідністю ранньої оцінки генотипу і прискорення зміни поколінь з метою підвищення ефективності селекції.

Найчастіше використовують такі моделі росту та прогнозування продуктивності: С.Броді [9], Ф.Ричардса [10], Т.Бріджеса [11].

В зв'язку з тим, що дати простий опис такої складній системі як рослина чи тварина майже не можливо, все більшого розповсюдження набувають моделі, які використовують дві та більше залежності й ґрунтуються на застосуванні різноманітних імітацій [11, 12].

Криві росту живої маси. Як вважають J.Zoons, J.Buuse, E.Decuerepe (цит. за С.Ю.Болелою [8]), в біологічних закономірностях росту слід виділяти *потенційний та реалізований ріст*, що і було враховано у відповідних математичних моделях.

Вдалим прийомом характеристики процесів росту в тварин є побудова кривих, що характеризують цей процес, при чому рівні дослідження можуть бути від молекулярного до популяційного. Але у всіх випадках, як вказує Н.Грин, У.Стаут, Д.Тейлор [13] графік буде виглядати як сигмоїдна крива із чотирьма ділянками: лаг-фаза, логарифмічна фаза, фаза уповільнення та стаціонарна фаза.

Відомо, що всі рівняння, які характеризують ріст тварин поділяються на дві групи: ті, що описують ріст організму протягом його життя і ті, що описують збільшення маси тварини чи лінійних параметрів на окремих етапах онтогенезу.

Криві приросту живої маси в залежності від віку тварин досить детально проаналізовано і нині вони стали підставою більшості емпіричних моделей росту. Так, W.A.Becker, J.R.Parks [14] вказують на такі моделі росту, що зазнали свого розповсюдження у практичному тваринництві: Робертсона, Б.Гомперца, С.Броді, Л.Берталанффі та логістична.

Найбільше розповсюджені ті математичні моделі, які здатні описувати всі періоди росту, а криві в них відображають генетичну обумовленість організму та його реакцію на фактори довкілля. Мова йде про мономолекулярні, логістичні, поліномні функції, а також функції Б.Гомпертца і Л.Берталанффі [15]. Всі вони мають відношення до загальної чотирьохпараметрової функції F.J.Rihards [10], тоді як И.И.Шмальгаузен [16] надав більш зпроцнені функції для характеристики коротких періодів росту.

Серед математичних моделей, що використовуються для аналізу росту живої маси, найбільш поширеним є рівняння Л. фон Берталанффі [17]:

$$W_t = W_\infty \cdot (1 - \exp(\alpha - \beta \cdot t))^3,$$

де W_t – жива маса у віці t ; W_∞ – асимптота живої маси; α , β – параметри рівняння.

Математико-біологічний сенс цього рівняння наступний: із збільшенням віку (t) ступінь експоненти зростає, але має негативний знак, тому вираз у дужках наближається до одиниці; таким чином, жива маса наближається до свого максимально можливого показника (асимптоти). У загальному вигляді ступінь виразу, що знаходиться у дужках формули (1) також приймається за параметр, оцінку якого необхідно провести на підставі емпіричних даних.

Використання цього рівняння на практиці має свої особливості. Дана модель повинна бути параметризована у два етапи. На першому етапі відбувається розрахунок значення асимптоти (W_∞), а на другому – оцінювання коефіцієнтів α та β рівняння.

Значення W_∞ може бути визначено з використанням методу Форда-Волфорда. Цей метод полягає у тому, що значення W_∞ можна визначити, як точку перетинання системи рівнянь:

$$\begin{cases} W_{t+1} = a + b \cdot W_t; \\ W_{t+1} = W_t. \end{cases}$$

При невеликому перетворенні рівняння (1) може бути легко перетворено у лінійне рівняння, коефіцієнти якого розраховуються методом найменших квадратів:

$$\ln \left[1 - \sqrt[3]{\frac{W_t}{W_\infty}} \right] = \alpha - \beta \cdot t.$$

У сільському господарстві найчастіше застосовуються логістичні функції, що описані рядом вчених [18], але на жаль, вони не повністю описують лінійний ріст тварин [19]. Тому дослідники рекомендують використовувати асиметричну функцію Б.Гомпертца [20, 21]. Вона дозволяє оцінювати ефекти впливу на організм поживних речовин, середовища, темпів розвитку та початкової маси тварини, порівнювати генетично різні групи тварин і навіть окремого органа чи тканини.

Рівняння Б.Гомпертца [20] має вигляд:

$$W_t = W_0 \cdot \exp\left(\frac{A_0(1 - e^{-\alpha \cdot t})}{\alpha}\right), \quad (4)$$

де W_0 – жива маса при народженні; A_0 та α – постійні, що специфічні для виду (чи популяції) й обумовлюють початковий темп росту та швидкість дозрівання, відповідно.

Максимально можлива маса організму (асимптота), тобто W_∞ , при використанні рівняння Б.Гомперца складатиме:

$$W_\infty = W_0 \cdot \exp\left(\frac{A_0}{\alpha}\right). \quad (5)$$

Іншим методом формування кривих є, за думкою Н.Аblanaip, С.Х.Ogasawara, U.S.Asmundson [22], Н.А.Jr.Fitzhugh [23] використання обмежувачих селекційних індексів. Але останні дієві у випадку незмінності певного значення живої маси тварини. Криві ж росту в них, як передбачається, мають генетичну мінливість, що залежить від незалежності розмірів, швидкості та параметрів крапки перетину кривої росту.

Рівняння А.Пюттера [44] має вигляд:

$$W_t = \frac{W_\infty}{\exp[\beta(t + \alpha)^p]}, \quad (6)$$

де α , β та p – специфічні для виду (або популяції) константи.

Досить привабливою для опису процесів росту нині є і модель Т.С.Bridges et al. [11], яку вже було використано в дослідженнях [24-29].

$$W_t = W_\infty \cdot (1 - \exp(-\mu \cdot t^\alpha)), \quad (7)$$

де W_∞ – середня жива маса, якої досягає тварина при статевому дозріванні, α – константа кінетичного росту, а μ – константа експоненціального росту.

Це також двопараметрична модель, для якої спочатку необхідно розрахувати оцінку параметра W_∞ (з використанням методу Форда-Волфорда).

Існує ще одна група моделей – алометричних, в основу яких покладено об'ємні параметри тварин (йдеться про зв'язок об'ємних параметрів, площі та маси). Вони також знайшли своє відображення у чималій кількості дослідницьких робіт у галузі тваринництва [30, 31].

Зв'язок росту тварин з ембріональним етапом онтогенезу досить коректно описав за допомогою параболічних кривих І.І.Шмальгаузен [16].

С.Ю.Боліла [8] розробила експоненційну модель, яка достатньо адекватно описує криві росту птиці та, крім того, дозволяє на основі даних про масу птиці за початковий період росту (14...35 днів) прогнозувати кінцеві показники м'ясної продуктивності (49...56 днів). Встановлено високий рівень відповідності емпіричних і теоретичних кривих росту. Середнє відхилення фактичних значень живої маси від розрахункових складає 2,07...3,32% для самців і 1,82...3,36% для самок.

У свинарстві В.І.Яременко [42], з використанням констант Т.Бріджеса провів моделювання процесу росту тварин спеціалізованого м'ясного типу. Встановлено, що точність описання фактичних показників росту теоретичною кривою виявилась достатньо високою ($R^2 = 0,869...0,997$). Це свідчить про певну адекватність моделі експериментальним даним, що дозволяє використовувати її для опису особливостей росту і розвитку різних груп свиней. Використання модифікації моделі Т.Бріджеса

дозволяє з високою точністю прогнозувати надій за лактацію, виходячи з даних початкової продуктивності з точністю прогнозу 96...98% [43].

Виходячи з вищевказаного, очевидно, що моделі кривих росту слушно використовувати при оцінці стад і популяцій, вибору методу розведення, використанні прийому селекції – тобто в актуальних питаннях сучасного тваринництва.

Важливий біологічний зміст використаних рівнянь для опису росту живої маси полягає в тому, що після визначеного моменту часу значення залежного параметра (тобто, живої маси) досягає максимально можливого (для даної популяції або даного виду), але ніколи його не перевищує.

Нарешті, ще одна модель може бути запропонована для моделювання процесів росту живої маси – це логістична модель [32]:

$$W_t = \frac{W_\infty}{1 + b \cdot \exp(-c \cdot t)}, \quad (8)$$

де b та c – параметри, які визначають форму кривої.

Лактаційні криві. Серед математичних моделей, що використовуються для опису процесів динаміки молочної продуктивності (насамперед, корів) протягом лактації, найбільш поширеною є модель П.Вуда [33]:

$$Y_t = a \cdot t^b \cdot \exp(-c \cdot t), \quad (9)$$

де Y_t – надій, отриманий протягом t -тої одиниці часу (доби, тижня, декади, місяця); a , b та c – параметри моделі Вуда. Ці параметри мають наступний сенс:

b – коефіцієнт, що характеризує інтенсивність підйому лактаційної кривої до точки перетину, c – коефіцієнт зниження лактаційної кривої після досягнення максимально можливого рівня продуктивності. На підставі оцінок параметрів моделі Вуда можна розрахувати наступні характеристики лактаційної кривої: S – сталість лактаційної кривої [34]:

$$S = \frac{1}{c^{(b+1)}}, \quad (10)$$

t_{peake} – час настання пікового значення (максимального надюю) молочної продуктивності протягом лактації (виражається у прийнятих у моделі одиницях часу):

$$t_{peake} = \frac{b}{c}, \quad (11)$$

і, нарешті, Yt_{peake} – рівень продуктивності у момент піку:

$$Yt_{peake} = a \cdot \left(\frac{b}{c}\right)^b \cdot \exp(-b). \quad (12)$$

Інша модель, яка часто застосовується для аналізу лактаційної кривої – це модель Дж.Вілмінка [35]:

$$Yt = a + b \cdot \exp(-0,01 \cdot t) + c \cdot t. \quad (13)$$

Більш складна модель була запропонована Т.Алі та Л.Шаффером [36]:

$$Yt = a + b \cdot \left(\frac{t}{k}\right) + c \cdot \left(\frac{t}{k}\right)^2 + d \cdot \ln\left(\frac{k}{t}\right) + e \cdot \left(\ln\left(\frac{k}{t}\right)\right)^2, \quad (14)$$

де k – тривалість лактації у визначених одиницях часу. Якщо облік молочної продуктивності проводиться щодобово протягом 305 діб лактації, то $k = 305$; якщо облік молочної продуктивності проводиться щомісячно протягом, наприклад, 11 місяців лактації, то приймають, що $k = 11$.

В моделі Т.Алі та Л.Шаффера, параметр a визначає пікове значення молочної продуктивності, параметри d та e – визначають інтенсивність підйому лактаційної кривої до точки перетину, параметри b та c – інтенсивність зниження рівня молочної продуктивності після досягнення нею піка.

У молочному скотарстві, М.І.Гиль нещодавно було доведено [24-27] ефективність використання моделей І.Мак-Міллана, Д.Мак-Неллі та Т.Бріджеса для оцінки й прогнозування характеру лактаційних кривих та надоїв молока у корів, а також використання цих прийомів для прогнозу молочної продуктивності худоби за параметрами постнатального росту телиць [28-29].

Криві динаміки яєчної продуктивності. Серед математичних моделей, що використовують для динаміки яєчної продуктивності у птахівництві найбільш поширеними є дві моделі – Д.Мак-Неллі та І.Мак-Міллана.

Модель Д.Мак-Неллі [37] є модифікованою моделлю Вуда та має наступний вигляд:

$$Yt = a \cdot t^b \cdot \exp(-c \cdot t + d \cdot \sqrt{t}). \quad (15)$$

Модель І.Мак-Міллана [38-40] більш складна:

$$Yt = M \cdot (1 - \exp(-c \cdot t)) \cdot \exp(-b \cdot t). \quad (16)$$

де M – параметр шкали; b – показник, що визначає інтенсивність підйому яєчної продуктивності до моменту піку; c – показник, що визначає швидкість зниження рівня яєчної продуктивності після піку.

За своєю суттю, модель І.Мак-Міллана описує криву яєчної продуктивності, шляхом розкладання її на дві частини. Крива підйому продуктивності визначається першою експоненціальною (кінетичною) компонентою моделі (16), а крива спаду – другою експоненціальною компонентою моделі. Ця модель також двопараметрична й може бути оцінена лише у два етапи. На першому етапі проводиться оцінка показника M . Це можна зробити, звернувши увагу на те, що для великих значень t модель (16) може бути перетворена (завдяки логарифмуванню) до наступного вигляду:

$$\ln Yt = \ln M - b \cdot t. \quad (17)$$

Таким чином, зобразивши показники яєчної продуктивності у полулогарифмічній шкалі, можна отримати значення $\ln M$, як точку перетину рівняння регресії із віссю ОУ. Але при цьому необхідно взяти до уваги, що у рівнянні (17) можна використовувати лише ті значення продуктивності, які мають місце після досягнення свого максимуму.

Параметри моделі І.Мак-Міллана b та c розраховуються вже після того, як у модель (16) підставлено знайдену оцінку M .

Модель І.Мак-Міллана [38-40] дозволяє описувати за допомогою розрахункової кривої фактичну інтенсивність яйценосності з точністю до 94...98%. Розрахунок коефіцієнтів кореляції свідчить про те, що параметри моделі у ряді випадків достовірно корелюють з фактичною яйценосністю птиці: теоретично розрахована яйценосність і річна яйценосність ($r = 0,56$), норма спаду – 0,85, час настання піку яйценосності – 0,46.

В.М.Bhatti та Т.Р.Morris [41] розробили математичну модель для прогнозування середнього часу знесення яйця у кур-несучок. В їх праці обговорюються, крім того, можливості використання запропонованої моделі для прогнозування змін, що відбуваються в овуляторному циклі у кур-несучок.

Висновок. Таким чином, проаналізувавши деякі тенденції в удосконаленні генетико-математичних методів селекції можна заключити, що застосування математичного моделювання дозволяє виявити структуру (елементи) селекційних ознак, в якій відображаються показники для відбору. А використавши ці моделі для прогнозування лактаційної кривої, обсягу надоєного молока за різні лактації, або за весь період продуктивного використання корови майбутня продуктивна цінність тварини визначається достатньо точно. Однак, сама молочна продуктивність є залежною від чималої групи факторів, аналіз яких розглядається.

Література:

1. Підпала Т.В. Лінійне розведення в селекції червоної степової худоби // Таврійський науковий вісник. – Херсон: Айлант. – 1998. – Вип. 8. – С. 71-77.
2. Богданов Т.Л. и др. Справочник по биологии. – К.: Наукова думка, 1979. – 251 с.
3. Франс Д., Торкли Д. Математические модели в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.
4. Антамонов Ю.Г. Моделирование биологических систем: Справочник. – К.: Вища школа, 1977. – 260 с.
5. Бреславец М.Е., Гуревич Т.Ф. Кибернетика. – К.: Вища школа, 1977. – С. 67-300.
6. Любимов Н.Н. Общие методы анализа биологических систем. – К.: Вища школа, 1980. – С. 38-169.
7. Животовский Л.А. Показатель сходства популяций по полиморфным признакам // Журнал общей биологии. – 1979. – Т. 40. – № 4. – С. 587-602.
8. Боліла С.Ю. Удосконалення методів оцінки яєчної та м'ясної продуктивності птиці спеціалізованих кросів: Автореф. дис....кандидата с.-г. наук / Херсон. – 1996. – 26 с.
9. Brody S. Bioenergetics at growth. With special reference to the efficiency complex in domestic animals. NY, Heffner. – 1945. – 1023 p.
10. Richards F.J. A flexible growth function for empirical use // Journal of experimental Botany. – 1959. – v.10 – P. 290-300.
11. Bridges T.C., Turner L.W., Smith E.M. (e.a.). A mathematical procedure for estimating animal growth and body composition. – Trans. ASAE. – 1986. – V. 29. – № 5. – P. 1342-1347.
12. Боголюбский С.А., Коваленко В.П. Принципы и методы селекции в яичном птицеводстве // Птицеводство. – 1979. – № 8. – С. 23-27.
13. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. – М.: Мир. – 1990. – Т.3. – С.158-160.
14. Becker W.A., Parks J.R. A theory of Feeding and Growth of Animals. – Springer-Verlag. – 1982. – 322 p.
15. Bertalanffy L. General System theory // Foundation Development. Applications. – 4th print. – NY. – G.Braziller. – 1973. – 654 p.
16. Шмальгаузен И.И. Стабилизирующий отбор и эволюция индивидуального развития // Избранные труды. – М.: Наука, 1982. – С. 351-372.
17. Bertalanffy L. von. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II) // Human Biol. – 1938. – V. 10. – P. 181-213.
18. Великсар Д.С. Генетическая структура замкнутых популяций кур при направленной селекции: Автореф. дис....доктора биол. наук / Ленинград. – 1983. – 48 с.

19. Винберг Г.Г. Взаимозависимость роста и энергетического обмена у пойкилотермных животных // Сб.: Количественные аспекты роста организмов. – М.: Наука, 1975. – С. 70-73.
20. Gompertz B. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and a new mode of determining the value of life contingencies // *Phil. Trans. Roy. Soc.* – 1825. – V. 182. – P. 513-585.
21. Віннічук Д.Т., Мережко П.М. Шляхи створення високопродуктивного молочного стада. – К.: Урожай, 1991. – 240 с.
22. Ablanalp H., Ogasawara C.X., Asmundson U.S. Influence of selection for body weight at different ages on growth of turkeys // *Brit. Poultry Sci.* – 1963. – № 4. – P. 71-82.
23. Fitzhugh H.A., Jr. Long C.R., Cartwright T.C. Systems analysis of sources of genetic and environmental variation in efficiency of beef production: heterosis and complementarity // *J. Anim. Sci.* – 1975. – V. 40. – P. 421-436.
24. Гиль М.І. Нові методи оцінки лактаційних кривих корів різних заводських типів з використанням математичних моделей // Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини: Зб. наук. праць. – Харків, 2007. – Вип. 15 (40), Ч. 1, Т. 2. – С. 72-81.
25. Гиль М.І. Математичне моделювання лактаційних кривих у корів голштинської породи – новий засіб прогнозування молочної продуктивності // Науковий вісник Львівської НАВМ ім. С.З.Гжицького: Зб. наук. праць. – Львів, 2007. – Т. 9, №3 (34), Ч. 2. – С. 38-49.
26. Гиль М.І. Використання математичних моделей для оцінки лактаційних кривих корів різних генотипів // Науковий вісник НАУ: Зб. наук. праць. – К., 2007. – Вип. 114. – С. 31-44.
27. Гиль М.І., Антонов Є.В. Ефективність використання генетико-математичної моделі Т.Бриджеса в прогнозуванні рівнів надоев корів пластичних генотипів в сучасних умовах організації тваринницьких підприємств // Науковий вісник Львівської НАВМ ім. С.З.Гжицького: Зб. наук. праць. – Львів, 2001. – Т. 3, № 4, Вип. 1. – С. 9-12.
28. Гиль М.І. Особливості математичного моделювання росту молодяку корів різних генотипів та їх наступної молочної продуктивності // Вісник Полтавської ДАА: Науково-виробничий фаховий журнал. – Полтава, 2007. – № 3 (46). – С. 51-56.
29. Гиль М.І. Альтернативні методи моделювання та прогнозування процесів росту і молочної продуктивності корів // Вісник Дніпропетровського ДАУ: Науково-теоретичний, науково-практичний журнал – Дніпропетровськ, 2007. – № 2. – С. 100-107.
30. Глушков В.М. Кибернетика. – Энциклопедия кибернетики. – 1979. – Т. 1. – С. 440-445.
31. Горин В.Т., Копыловская Г.Я., Меерсон С.А., Коновалов Б.О. О возможности использования стабилизирующего отбора в птицеводстве // *Птицеводство.* – 1978. – № 11. – С. 28-31.
32. Verhulst P.F. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement // *Corr. Math. Phys.* – 1838. – V. 10. – P. 113-121.
33. Wood P.D.P. Algebraic model of the lactation curve in cattle // *Nature (London).* – 1967. – V. 216. – P. 164-165.
34. Wood P.D.P. The relationship between the month of calving and milk production // *Anim. Prod.* – 1970. – V. 12. – P. 535-538.
35. Wilmink J.B.M. Adjustment of test day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation // *Livest. Prod. Sci.* – 1987. – V. 16. – P. 335-348.
36. Ali T.E., Schaeffer L.R. Accounting for covariances among test day yields in dairy cows // *Can. J. Anim. Sci.* – 1987. – V. 67. – P. 637-644.
37. McNally D.H. Mathematical model for poultry egg production // *Biometrics.* – 1971. – V. 27. – P. 735-738.
38. McMillan I., Fitz-Earle M., Robson D.S. Quantitative genetics of fertility. I. Life egg production of *Drosophila melanogaster* – theoretical // *Genetics.* – 1970. – V. 65. – P. 349-353.

39. McMillan I., Fitz-Earle M., Butler L., Robson D.S. Quantitative genetics of fertility. I. Life egg production of *Drosophila melanogaster* – experimental // *Genetics*. – 1970. – V. 65. – P. 355-369.
40. Yang N., Wu C., McMillan I. New mathematical model of poultry egg production // *Poultry Sci.* – 1989. – V.68. – P. 476-481.
41. Bhatti B.M., Morris T.R. Model for the prediction of mean time of oviposition for hens kept in different light and dark cycles. *Brit. Poultry Sc.* – 1988. – V. 29. – № 2. – P. 205-213.
42. Яременко В.И. Основные пути повышения продуктивных качеств свиней в условиях ферм промышленного типа: Автореф. дис....доктора с.-х. наук / К., 1990. – 38с.
43. Микитас Р.С. Підвищення молочної продуктивності худоби при використанні кращого світового генофонду: Автореф. дис....кандидата с.-г. наук / ХДАУ. – Херсон, 1999. – 16 с.
44. Putter A. Studien uber physiologische Ahnlichkeit VI. Wachstumsahnlichkeiten // *Pfluffers Archiv European Journal of Physiology*. – 1920. – V. 180. – № 1. – P. 298-340.

УДК: 597-111:639.371.5

ПРИРОДНА РЕЗИСТЕНТНІСТЬ ДВОРІЧОК ЛЮБІНСЬКИХ РАМЧАСТИХ КОРОПІВ І АМУРСЬКИХ САЗАНІВ ТА ЇХ ГІБРИДНИХ ФОРМ ЗА РІЗНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ПОСАДКИ

Грициняк І.І.

Однією з найбільш актуальних науково-практичних проблем сучасного ставового рибництва є підвищення резистентності риб до захворювань і негативних екологічних факторів зовнішнього середовища [1]. На природну резистентність ставових риб, зокрема коропа, впливає ряд факторів: гідрохімічний режим у водоймі і вміст мінеральних елементів у воді та наявність токсикантів різної природи, сезон, повноцінність годівлі, щільність посадки, породні особливості [2-5]. Вплив останнього фактора на резистентність коропа відіграє важливу роль у селекційно-племінній роботі при створенні нових внутрішньопородних типів коропа і вдосконаленні існуючих типів, а також при вирощуванні його гібридних форм [6]. Зокрема, як показали наші дослідження, гібриди любінського лускатого коропа з амурським сазаном характеризуються не тільки інтенсивнішим ростом, а і вищою природною резистентністю [7]. Разом з тим, на активність імунної системи дворічок любінського лускатого коропа значно впливає щільність посадки при його вирощуванні [8]. З метою дальшого вивчення впливу генетичних факторів і умов вирощування на природну резистентність коропа нами проведені дослідження активності ряду систем неспецифічної резистентності дворічок любінських рамчастих коропів і амурського сазана та їх гібридів відповідно з галіційським коропом і любінським лускатим коропом за щільності посадки 2500 і 1000 екз./га.

Матеріали і методи. У дослідженнях використані зразки крові, одержані з серця дворічок любінських рамчастих коропів і амурських сазанів та їх помісей відповідно з галіційськими коропами і любінськими рамчастими коропами. Риби вирощувалися в експериментальних ставах Львівської дослідної станції Інституту рибного господарства УААН за щільності посадки 2500 і 1000 екз./га. Умови вирощування риб відповідали рибоводним вимогам. Для годівлі риб використовувався стандартний комбікорм у кількості 5% від їх маси. У сироватці крові риб визначали бактерицидну, лізоцимну, комплементарну і фагоцитарну активність. Одержані цифрові дані опрацювали статистично.

Результати дослідження. З наведених у таблиці даних видно, що активність досліджуваних гуморальних факторів захисту в крові дворічок любінських рамчастих форм залежить, з одного боку, від їх генетичних особливостей, а з другого – від