

Підпала Т. В., доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри
Крамаренко С. С., доктор с.-г. наук, професор
Миколаївський національний аграрний університет
Бондар С. О., головний зоотехнік
ТОВ «Колос 2011», Миколаївська область

ЗАСТОСУВАННЯ ЕНТРОПІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНКИ СЕЛЕКЦІЙНИХ ОЗНАК МОЛОЧНОЇ ХУДОБИ

У статті викладено результати дослідження щодо оцінки розвитку селекційних ознак великої рогатої худоби спеціалізованих молочних порід двох суміжних поколінь з використанням ентропійно-інформаційного аналізу. Встановлено ступінь організованості та інформативності для української червоної молочної, української червоно-рябої молочної та української чорно-рябої молочної порід за ознаками продуктивності, відтворювальної та адаптаційної здатності тварин

Ключові слова: порода, ентропія, покоління, корови, лактація, продуктивність, відтворювальна здатність, ознака.

Постановка проблеми. Селекція, здійснювана цілеспрямовано і протягом тривалого часу обумовлює зміну співвідношення генів, генотипів і фенотипів у популяції. В свою чергу, якщо популяцію розглядати як біологічну систему високої складності, то головною її властивістю є взаємодія з середовищем і динамізм, який проявляється у здатності до мінливості в часі. Взаємодія біологічної системи, якою може бути стадо, нащадки окремих плідників, особини одного покоління, з середовищем обумовленим різнобічними процесами: структурно-функціональною організованістю системи і структурно-функціонально-імовірними, тобто, випадковими змінами [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Останнім часом почали використовувати інформаційно-статистичні методи, що надають змогу отримати більш інформативні дані про рівень організації біологічних систем, гетерогенність популяцій, динаміку їх генетичної структури в процесі селекції. Ряд вчених [1, 2, 3, 6] схиляються до думки, що перспективним у цьому відношенні є ентропійний аналіз.

У біологічній системі (популяції) рівень складності характеризують властивості ентропії або можливості у різноманітності стану, який вона може набувати. Якщо система перебувала в якому-небудь одному стані, який, наприклад, набула при чистопородному розведенні або тривалому схрещуванні із однією породою, то застосування генофонду іншою поліпшуючою породою викличе зміну і перехід до іншого стану. Ентропія такої системи

буде характеризуватися деякою дезорганізованістю і невизначеністю. Оскільки селекція цілеспрямовано здійснюється в одному напрямі, то з часом система набуває одного стану, її невизначеність зменшується і ентропія буде зменшуватися. В цьому випадку зменшення ентропії може бути наслідком збільшення організації системи, яка може бути результатом цілеспрямованої селекції.

Тому для виявлення впливу селекції на популяції молочної худоби на рівні біологічної реально існуючої системи застосовують ентропійно-інформаційний аналіз (EIA).

Мета досліджень. Оцінити розвиток селекційних ознак у тварин спеціалізованих молочних порід при змінні покоління за показниками ентропійного аналізу.

Матеріали і методика досліджень. В господарстві ТОВ «Колос 2011» Миколаївської області сформували дослідні групи з корів-первісток двох суміжних (материнське і дочірнє) поколінь: української червоної молочної (УЧМ, n=34 і n=30), української червоно-рябої молочної (УЧерМ, n=26 і n=37) та української чорно-рябої молочної (УЧРМ, n=24 і n=43) порід. Тварини досліджуваних груп знаходилися в подібних умовах годівлі, вирощування та утримання. Запроваджена технологія виробництва забезпечує комфортні умови експлуатації молочної худоби та реалізацію генетичного потенціалу. Середній надій на одну корову в 2015 році достатньо високий і становить 7711 кг молока.

Оцінку безумовної ентропії в суміжних поколіннях проводили за формулою [4, 5]:

$$H = - \sum_{i=1}^k (p_i * \log p_i), \quad (1)$$

де p_i – частота того, що система приймає i -те становище з k можливих.

Максимально можливу, теоретично визначальну ентропію для даної системи розраховали за формулою:

$$H_{\max} = \log_2 k = \log_2 5 = 2,322 \quad (2)$$

Рівень абсолютної організації системи суміжних поколінь оцінювали за формулою:

$$O = H_{\max} - H \quad (3)$$

Організованість або упорядкованість системи вимірювалась ступенем відхилення від максимально неупорядкованого стану системи ознаки, що знаходиться в термодинамічній рівновазі, за формулою:

$$R = 1 - \frac{H}{H_{\max}} \quad (4)$$

Результати досліджень та їх обговорення. Українська червона молочна, українська червоно-ряба молочна та українська чорно-ряба молочна породи відносяться до складних біосистем, що створенні, переважно, в результаті відтворювального схрещування. Згідно з класифікацією С. Біра [цит. 5] максимально можлива ентропія такої системи знаходиться в

межах від 3 до 6 ($3 \leq H_m \leq 6$). При оцінці її у всіх випадках системи (порода, типи) імовірнісні (стохастичні). Детермінованість невисока, ознаки піддаються впливу багатьох факторів. У дочок порівняно з матерями вищий рівень інформативності за продуктивними ознаками (табл. 1).

Таблиця 1

Стан системи (породи) за ознаками продуктивності у корів суміжних поколінь

Порода	Покоління	n	Параметри ЕІА			
			$H \pm SE_H$, біт	H_{max} , біт	O, біт	R
Надій за першу лактацію						
УЧМ	Д	30	2,26±0,055	2,322	0,065	0,028
	М	34	2,28±0,044		0,043	0,019
УЧеРМ	Д	37	2,30±0,027		0,019	0,008
	М	26	2,29±0,044		0,036	0,015
УЧРМ	Д	43	2,15±0,073		0,172	0,074
	М	24	2,30±0,032		0,017	0,007
Надій за 305 діб першої лактації						
УЧМ	Д	30	2,28±0,043	2,322	0,041	0,018
	М	34	2,30±0,034		0,027	0,012
УЧеРМ	Д	37	2,26±0,050		0,066	0,028
	М	26	2,15±0,075		0,176	0,076
УЧРМ	Д	43	2,32±0,014		0,006	0,003
	М	24	2,31±0,032		0,017	0,007
Вміст жиру в молоці						
УЧМ	Д	30	2,19±0,076	2,322	0,129	0,056
	М	34	2,28±0,037		0,037	0,016
УЧеРМ	Д	37	2,18±0,075		0,139	0,060
	М	26	2,22±0,067		0,103	0,044
УЧРМ	Д	43	1,96±0,033		0,357	0,154
	М	24	2,22±0,077		0,101	0,043
Кількість молочного жиру за лактацію						
УЧМ	Д	30	2,27±0,051	2,322	0,054	0,023
	М	34	2,30±0,030		0,020	0,009
УЧеРМ	Д	37	2,25±0,052		0,071	0,030
	М	26	2,24±0,065		0,078	0,034
УЧРМ	Д	43	2,18±0,066		0,139	0,060
	М	24	2,29±0,042		0,033	0,014
Кількість молочного жиру за добу (А)						
УЧМ	Д	30	2,28±0,043	2,322	0,041	0,018
	М	34	2,31±0,019		0,009	0,004
УЧеРМ	Д	37	2,28±0,042		0,045	0,020
	М	26	2,27±0,056		0,053	0,023
УЧРМ	Д	43	2,22±0,045		0,105	0,045
	М	24	2,29±0,042		0,033	0,014
Тривалість першої лактації						
УЧМ	Д	30	2,15±0,092	2,322	0,168	0,073
	М	34	2,13±0,092		0,192	0,083

Продовж. табл. 1

УЧеРМ	Д	37	2,20±0,062	2,322	0,118	0,051	
	М	26	1,93±0,127		0,393	0,169	
УЧРМ	Д	43	2,17±0,074		0,152	0,065	
	М	24	1,76±0,161		0,558	0,241	
Жива маса при народженні							
УЧМ	Д	30	2,27±0,051		2,322	0,054	0,023
	М	34	2,22±0,062	0,099		0,043	
УЧеРМ	Д	37	2,23±0,059	0,090		0,039	
	М	26	2,29±0,044	0,036		0,015	
УЧРМ	Д	43	2,30±0,029	0,025		0,011	
	М	24	2,28±0,050	0,045		0,019	
Висота в холці при першому осіменіння							
УЧМ	Д	30	2,15±0,090	2,322	0,175	0,076	
	М	34	-		-	-	
УЧеРМ	Д	37	2,19±0,065		0,130	0,056	
	М	26	-		-	-	
УЧРМ	Д	43	2,28±0,039		0,045	0,019	
	М	24	-		-	-	

Примітки: УЧМ – українська червона молочна порода; УЧеРМ – українська червоно-ряба молочна порода; УЧРМ – українська чорно-ряба молочна порода; М – материнське покоління; Д – дочірнє покоління

Поряд з вказаними особливостями досліджуваних порід можна відзначити і те, що за інформативністю дані системи можна розглядати як імовірнісні, але дочірнє покоління відрізняється більшою визначеністю за надоєм порівняно з матерями. Нами встановлено, що більша детермінованість характерна для тварин покоління Д української червоної молочної (H=2,26 біт) та української чорно-рябої молочної (H=2,15 біт) порід, ніж у їх матерів (H=2,28 біт) та (H=2,30 біт) відповідно.

Аналогічну закономірність було визначено для трьох суміжних рядів генерацій молочної худоби різних порід і типів, що засвідчувало про наявний тиск штучного відбору за надоєм [2].

Щодо абсолютної організованості порід як систем, то спостерігається її збільшення у дочірньому поколінні української червоної молочної (O=0,065) та української чорно-рябої молочної (O=0,172) порід порівняно з материнським поколінням (O=0,043) і (O=0,017) відповідно. Подібні зміни встановлено і за відносною організованістю систем – R=0,028 і R=0,045 проти R=0,019 і R=0,007 у тварин материнського покоління. Для тварин УЧеРМ, навпаки, як абсолютна, так і відносна організованість системи зменшувалася.

На нашу думку це пояснюється проведенням селекції на підвищення молочності у тварин досліджуваних порід. До того ж, в популяції, якою може бути стадо молочної худоби, джерелом інформації є батьківські особини, а отримують цю інформацію – їх нащадки. В свою чергу, передається половина всього набору інформації від кожного з батьків,

відбувається рекомбінація спадкового матеріалу, який під впливом паратипових факторів визначає фенотип нащадка, а той також стає джерелом інформації по відношенню до своїх потомків або особин наступного покоління.

Що стосується такої традиційної ознаки як «вміст жиру в молоці», то в оцінених поколіннях досліджуваних порід відбулися зміни як безумовної ентропії, так й абсолютної та відносної організованості систем. Встановлено зменшення безумовної ентропії у тварин дочірнього покоління і це характерно для кожної з досліджуваних порід: УЧМ – $H=2,19$ біт, УЧеРМ – $H=2,18$ біт і УЧРМ – $H=1,96$ біт. Тоді як в материнському поколінні цей параметр становив: УЧМ – $H=2,28$ біт; УЧеРМ – $H=2,22$ біт і УЧРМ – $H=2,22$ біт.

Аналогічні зміни характерні й для параметрів абсолютної (O) та відносної (R) організованості системи, що свідчить про спрямованість поліпшуючої селекції при формуванні високопродуктивного стада за принципом відкритої популяції шляхом використання бугаїв-плідників голштинської породи.

За іншими ознаками (кількість молочного жиру, тривалість першої лактації, жива маса при народженні, висота в холці при першому осіменінні) також виявлено деякі зміни за параметрами безумовної ентропії, абсолютної та відносної організованості систем. Вони свідчать про певний вплив селекції на продуктивні ознаки молочної худоби зі зміною поколінь.

Ентропійно-інформаційний аналіз ознак відтворювальної здатності тварин суміжних поколінь показав вищу їх детермінованість завдяки жорсткому відбору, що зумовлено факторами середовища (табл. 2).

Нами встановлена чітка закономірність щодо зменшення безумовної ентропії за ознакою «вік першого отелення» у тварин дочірнього покоління кожної з досліджуваних порід: УЧМ – $H=1,54$ біт; УЧеРМ – $H=1,93$ біт і УЧРМ – $H=1,98$ біт. Тоді, як у материнському поколінні цей параметр становив: УЧМ – $H=1,95$ біт; УЧеРМ – $H=2,23$ біт і УЧРМ – $H=2,14$ біт. Разом з тим спостерігається збільшення як абсолютної, так і відносної організованості системи у тварин дочірнього покоління порівняно з материнським.

Не менш важливими є ознаки, які характеризують пристосувальні властивості молочної худоби до створеного технологічного середовища. Це такі ознаки, як «сервіс-період», «міжотельний період» й узагальнені показники «коефіцієнт відтвірної здатності» та «індекс адаптації».

Збільшення безумовної ентропії за ознакою «сервіс-період» у корів покоління Д по кожній з досліджуваних порід певно вказує на можливе існування деякого протиріччя між продуктивними та відтворювальними властивостями, що виникають у процесі формування високопродуктивного стада. Це знаходить підтвердження аналогічним збільшенням

безумовної ентропії за узагальненою ознакою «індекс адаптації» у тварин дочірнього покоління.

Таблиця 2

Стан системи (породи) за ознаками відтворювальної та адаптаційної здатності у корів суміжних поколінь

Порода	Покоління	n	Параметри EIA			
			$H \pm SE_H$, біт	H_{max} , біт	O, біт	R
Вік першого отелення						
УЧМ	Д	30	1,54±0,168	2,322	0,781	0,336
	М	34	1,95±0,111		0,371	0,160
УЧеРМ	Д	37	1,93±0,111		0,395	0,170
	М	26	2,23±0,063		0,094	0,040
УЧРМ	Д	43	1,98±0,106		0,340	0,146
	М	24	2,14±0,083		0,182	0,078
Сервіс-період						
УЧМ	Д	30	2,11±0,097	2,322	0,216	0,093
	М	34	1,95±0,124		0,371	0,160
УЧеРМ	Д	37	2,11±0,080		0,209	0,090
	М	26	1,90±0,134		0,417	0,179
УЧРМ	Д	43	2,17±0,070		0,148	0,064
	М	24	1,89±0,148		0,430	0,185
Міжотельний період						
УЧМ	Д	30	2,10±0,099	2,322	0,224	0,097
	М	34	2,16±0,083		0,165	0,071
УЧеРМ	Д	37	2,24±0,049		0,080	0,035
	М	26	1,93±0,127		0,393	0,169
УЧРМ	Д	43	2,24±0,052		0,080	0,034
	М	24	1,60±0,133		0,721	0,310
Коефіцієнт відтворювальної здатності						
УЧМ	Д	30	2,15±0,083	2,322	0,173	0,074
	М	34	2,27±0,047		0,050	0,022
УЧеРМ	Д	37	2,28±0,039		0,041	0,017
	М	26	2,26±0,061		0,064	0,028
УЧРМ	Д	43	2,29±0,031		0,031	0,013
	М	24	2,20±0,081		0,121	0,052
Індекс адаптації						
УЧМ	Д	30	2,18±0,074	2,322	0,140	0,060
	М	34	2,12±0,093		0,203	0,087
УЧеРМ	Д	37	2,24±0,057		0,086	0,037
	М	26	2,12±0,101		0,202	0,087
УЧРМ	Д	43	2,28±0,035		0,037	0,016
	М	24	1,90±0,079		0,422	0,182

Оскільки цілеспрямовано відбувається передача спадкової інформації від батьків до нащадків при зміні поколінь то й результативність селекційного процесу проявляється не тільки в підвищенні рівня продуктивності тварин, а й у формуванні біологічної системи

відповідного рівня ентропії та інформативності. Тому що, сутність діяльності людини спрямована на здійснення процесів у біологічних системах від повної ентропії до максимально можливої інформативності, що підвищує ефективність її творчого впливу на навколишні об'єкти [5].

Висновки та перспективи досліджень. У результаті проведеного ентропійно-інформаційного аналізу ознак продуктивності, відтворювальної та адаптаційної здатності тварин української червоної молочної, української червоно-рябої молочної та української чорно-рябої молочної порід встановлено ступінь організованості та інформативності цих біологічних систем при зміні поколінь.

Список використаної літератури:

1. Волков В. А. Селекційно-генетичні та біологічні особливості української чорно-рябої молочної породи : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.02.01 «Розведення та селекція тварин» / В. А. Волков. – Миколаїв, 2014. – 21 с.
2. Гиль М. І. Системний генетичний аналіз полігенно зумовлених ознак худоби молочних порід : монографія / Михайло Іванович Гиль. – Миколаїв : МДАУ, 2008. – 478 с.
3. Гиль М. І. Ефективність використання ентропійно-інформаційного аналізу в оцінці ступеня мінливості ознак корів української червоної молочної породи різної інтенсивності формування їх організму / М. І. Гиль, В. В. Коваленко // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва зб. наук. праць. – Біла Церква, 2010. – Вип. 3 (72). – С. 41–46.
4. Крамаренко С. С. Метод использования энтропийно-информационного анализа для количественных признаков / С. С. Крамаренко // Известие Самарского научного центра РАН. – 2005. – Т.7, №1. – С.242–247.
5. Меркурьева Е. К. Применение энтропийного анализа и коэффициента информативности при оценке селекционных признаков в молочном скотоводстве [текст] / Е. К. Меркурьева, А. Б. Бертазин // Доклады ВАСХНИЛ. – М. – 1989. – № 2. – С. 21–23.
6. Патрева Л. С. Ентропійний аналіз кількісних ознак для селекційної оцінки батьківського стада м'ясних курей [текст] / Л. С. Патрева, С. С. Крамаренко // Розведення і генетика тварин: міжвід. темат. зб. – К. : Аграрна наука, 2007. – Вип.41. – С.149–153.

Подпалая Т. В., Крамаренко С. С., Бондарь С. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНТРОПИЙНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ МОЛОЧНОГО СКОТА.

В статье изложены результаты исследований по оценке развития селекционных признаков крупного рогатого скота специализированных молочных пород двух смежных поколений с использованием энтропийно-информационного анализа. Установлено степень организованности и информативности украинской красной молочной, украинской красно-пестрой молочной, украинской черно-пестрой молочной пород по признакам продуктивности, воспроизводительной и адаптационной способности животных.

Ключевые слова: *порода, энтропия, поколение, коровы, лактация, продуктивность, воспроизводительная способность, признак.*

Pidpala T. V., Kramarenko S. S., Bondar S. A. THE USE OF ENTROPY ANALYSIS FOR THE EVALUATION OF SELECTED TRAITS OF DAIRY CATTLE.

The article presents the results of studies to assess the development of signs of breeding cattle specialized dairy breeds two adjacent generations with the use of entropic-information analysis. The degree of coherent and informative value of Ukrainian red dairy Ukrainian red-spotted breast, the Ukrainian black-motley dairy breeds for performance traits, reproductive and adaptive capacity of animals.

Key words: *breed, entropy, generation, cows, lactation, productivity, reproductive ability, a sign.*

Рецензенты: доктор с.-г. наук, профессор Л. С. Патрєва

доктор с.-г. наук, профессор Л. М. Хмельничий

Pidpala T. V., Kramarenko S. S., Bondar S. A. APPLICATION OF ENTROPY ANALYSIS FOR THE EVALUATION OF SELECTED TRAITS OF DAIRY CATTLE

Determinism is low, the signs are exposed to influence of many factors. The daughters compared with the mothers of high level information by the characteristics of productivity. Along with this, the studied breeds by the can be considered as probability, but the child generation is distinguished by more certainty on yield compared to mothers. We found that most deterministic is characterised for animal generation of D Ukrainian red dairy ($H = 2,26$ bit) and the Ukrainian black-motley dairy ($H = 2,15$ bit) breeds than in their mothers ($H = 2,28$ bit) and ($H = 2,30$ bit), respectively.

The absolute organization of breeds as systems, there is an increase in cattle of Ukrainian in ($O = 0,065$) and the Ukrainian black-motley dairy ($O = 0,172$) breeds, and in their mothers ($O = 0,043$) and ($O = 0,017$), respectively. Such changes are installed by the relative organization of the system – $R = 0,028$ and $R = 0,045$ vs $R = 0,019$ and $R = 0,007$ in animals of the parent generation. In Animal Uterm – on the contrary, absolute (O), relative (R) organization system was decreased.

As for the traditional signs of "the fat content in milk", in estimated generations studied breeds were changes as the absolute entropy, and absolute and relative organization of the system. It was determined an unconditional reduction of entropy in animals child generation and it is typical for each of the studied breeds: WCM – $H = 2,19$ bit; UCeRM – $H = 2,18$ bit and UCRM – $H = 1,96$ bit. Whereas in the parent generation, this parameter was: UCM – $H = 2,28$ bit; UCeRM – $H = 2,22$ bits and UCRM – $H = 2,22$ bit.

We have established a clear pattern of reducing the unconditional entropy on the basis of "age at first calving" in animals of child generation in each of the studied breeds: WCM – $H = 1,54$ bit; UCeRM – $H = 1,93$ bit, and UCRM – $H = 1,98$ bit. Then, as in the parent generation, this parameter was: UCM – $H = 1,95$ bit; UCeRM – $H = 2,23$ bit and UCRM – $H = 2,14$ bit. There is an increase in both absolute and relative organization of the system in animals child generation compared to the parent.

As a result of entropy-information analysis of performance traits, reproductive and adaptive capacity of the Ukrainian red dairy animals, Ukrainian red-spotted breast and Ukrainian black-spotted dairy breeds it was determined the degree of organization and information content of these biological systems in the change of generations

Bibliography

1. Volkov, V.A. 2014. *Selektsiyno-genetichni ta biologichni osoblivosti ukrayinskoyi chornoryaboyi molochnoyi porodi – Breeding and genetic and biological characteristics of Ukrainian black-motley dairy breed*. Nikolaev, 21 (in Ukrainian)
2. Gil, M.I. 2008. *Sistemniy genetichniy analiz poligenno zumovlenih oznak hudobi molochnih porid – Systematic genetic analysis polhena due to the characteristics of dairy cattle*. Nikolaev, MSAU, 478 (in Ukrainian)
3. Gil, M.I., V.V. Kovalenko.2010. *Efektivnist vikoristannya entropiyno-informatsiynogo analizu v otsintsi stupenya minlivosti oznak koriv ukrayinskoyi chervonoyi molochnoyi porodi riznoyi intensivnosti formuvannya yih organizmu – The efficiency of the use of entropic-information analysis to assess the degree of variability of characteristics of cows of Ukrainian red dairy breed of different intensity of the formation of their body*. Bila Tserkva, 41-46 (in Ukrainian)
4. Kramarenko, S.S. 2005. *Metod ispol'zovaniya ehntropijno-informacionnogo analiza dlya kolichestvennyh priznakov – The method of using the entropy-information analysis for quantitative traits*. Izvestie Samarskogo nauchnogo centra RAK, 242-247 (in Russian)
5. Merkureva, E. K., A. B. Bertazin. 1989. *Primenenie ehntropijnogo analiza i koehfficienta informativnosti pri ocenke selekcionnyh priznakov v molochnom skotovodstve – The use of entropy analysis and factor informative in the evaluation of selection traits in dairy cattle*. Moskva, 21-23 (in Russian)
6. Patreva, L. S., S.S. Kramarenko. 2007. *Entropiyniy analiz kilkisnih oznak dlya selektsiynoyi otsinki batkivskogo stada m'yasnih kurey – Entropy analysis of quantitative traits for selection assessment of parental flock of meat chickens*. Kyiv, 149-153 (in Ukrainian)