

ГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА ЛІНІЙ ТАВРІЙСЬКОГО ТИПУ УКРАЇНСЬКОЇ ЧЕРВОНОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ ЗА АНТИГЕНАМИ І АЛЕЛЯМИ ГРУП КРОВІ

**В. І. Вороненко, В. Г. Назаренко – кандидати с.-г. наук,
Н. Б. Писаренко, Г. І. Рукавникова**

Інститут тваринництва степових районів імені М. Ф. Іванова
«Асканія-Нова» - Національний науковий селекційно-генетичний
центр з вівчарства

Наведено результати наукових досліджень щодо визначення генетичних особливостей дев'яти заводських ліній і споріднених груп таврійського зонального типу української червоної молочної породи великої рогатої худоби на основі оцінки їх структури за 52 еритроцитарними антигенами 9 систем груп крові та за алотипами полігенного локусу EAB. Із застосуванням ряду методів порівняльного генетико-математичного аналізу визначено рівень імуногенетичної диференціації, специфічності та консолідації створених внутрішньопородних селекційних формувань.

Ключові слова: алелі, еритроцитарні антигени, заводські лінії, імуногенетична структура, індекси схожості, генетичні дистанції.

Ефективність селекційної роботи в молочному скотарстві значною мірою залежить від точності оцінки племінної цінності тварин. У зв'язку з цим одним із пріоритетних завдань є дослідження молекулярно-генетичних основ реалізації генотипу племінних тварин та розробка сучасних методів і технологій, спрямованих на розширення і підвищення ефективності використання їх генетичного потенціалу. Тому проблема розробки сучасної методології селекційно-генетичного аналізу і оцінки тварин та моніторингу популяцій молочної худоби, яка забезпечить підвищення та реалізацію генетичного потенціалу новостворених порід, типів і заводських ліній в конкретних умовах середовища, є актуальною. Також доцільним і актуальним є подальший розвиток теорії та розробка ефективних молекулярно-генетичних методів оцінки індивідуальних генотипів, опрацювання системи генетичного моніторингу мікроеволюційних процесів під дією векторів природного і штучного відборів та оптимізації параметрів

генофондів популяцій молочної худоби на основі використання імуногенетичних маркерів.

З огляду на наведене та враховуючи те, що інтенсифікація галузі молочного скотарства значною мірою залежить від застосування в племінній роботі ефективної системи лінійного розведення порід і типів [1, 2], основною метою наших наукових досліджень постає визначення ступеня генетичної диференціації та консолідації сучасних заводських ліній і споріднених груп таврійського зонального типу української червоної молочної породи на основі оцінки особливостей і динаміки імуногенетичної структури створених внутрішньопородних селекційних формувань.

Матеріал і методика досліджень. Комплексний імуногенетичний аналіз 9 найбільш чисельних заводських ліній і споріднених груп української червоної молочної породи проведено на тваринах таврійського зонального типу в стаді племзаводу приватно-орендного кооперативу «Зоря» Білозерського району Херсонської області. Дослідження базувалися на визначенні та генетичному аналізі успадкування кровогрупових факторів і алелів системи EAB. В обробку включено експериментальні дані імуногенетичного типування 1668 тварин у період з 2006 по 2010 роки за загальноприйнятою методикою [3] стандартними монодіагностикумами 52 еритроцитарних антигенів 9 систем груп крові, у тому числі 27 кровогрупових факторів В-локусу. Оцінку диференціації та схожості ліній проводили шляхом визначення генетичних параметрів [4], індексів імуногенетичної подібності [5] та генетичних дистанцій [6].

Результати досліджень. На першому етапі проведено дослідження з визначення структурних відмінностей заводських ліній і споріднених груп за частотою комплексу кровогрупових факторів. В обстежених групах тварин виявлені майже всі антигени з частотою від 0,41 до 97,37% (табл.1). Показники антигена насиченості мають коливання від 0,2077 (споріднена група Астронавта 1458744) до 0,2502 (лінія Чіфа 1427381 – Валіанта 1650414).

Групи тварин різної лінійної належності мають суттєві і вірогідні відмінності за частотою значної кількості антигенів. Так, наприклад, між заводською лінією Кевеліє і спорідненою групою Сігнета достовірною різниця виявилася за частотою 26 кровогрупових факторів ($A_1, A_2, G_2, G_3, O_1, O_2, Y_2, A'_1, E'_2, G', Y', G'', C_1, C_2, E, R_2, W, X_2, C', F, V, L, H', U, H''$ і Z), між найбільш чисельними групами тварин ліній Кевеліє і Чіфа – за 18 антигенами ($A_1, A_2, B_2, G_2, G_3, Y_2, A'_1, E'_2, K', R_2, W, F, V, J, H', U, H''$ і Z), а між лініями Кевеліє та Хенеє вірогідну різницю встановлено за частотою тільки 7 антигенів ($O_2, Y_2, E'_2, I', Q', G''$ та H').

Таблиця 1. Структура за антигенами груп крові заводських ліній та споріднених груп таврійського зонального типу

Групи крові		Заводські лінії				Споріднені групи				
сис-теми	анти-гени	Кевеліє 1620273	Чіфа 1427381-Валіанта 1650414	Хеневе 1629391	Фрема 17291	Нагіта 300502	Елівейш-на 1491007	Сігнета 249530	Астро-навта 1458744	Вала 4930
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	A ₁	46,42	60,80	46,15	57,85	48,18	49,61	97,37	73,51	43,42
	A ₂	46,42	60,80	46,15	57,85	49,09	49,61	97,37	73,51	43,42
	Z'	0	0	0	0	0	0,79	0	0	0
B	B ₂	31,70	50,00	32,87	45,45	30,91	31,50	30,26	40,40	30,26
	G ₂	22,26	38,80	17,48	21,90	52,73	61,42	52,19	16,56	21,71
	G ₃	23,40	40,00	18,18	23,97	53,64	62,20	53,95	17,22	23,03
	K	4,91	9,20	5,59	8,68	2,73	7,87	4,82	1,99	3,95
	I ₁	6,79	1,60	2,80	3,72	0,91	0,79	2,19	0,66	1,97
	I ₂	13,58	12,00	8,39	10,74	8,18	10,24	10,53	41,06	47,37
	O ₁	38,11	42,00	37,06	48,76	31,82	18,90	20,18	26,49	23,03
	O ₂	53,21	46,80	43,36	51,24	36,36	33,07	27,63	29,80	26,97
	P ₂	10,94	9,60	7,69	14,46	10,00	5,51	9,21	8,61	8,55
	Q	7,92	2,80	14,69	3,72	0,91	1,57	1,75	3,97	1,97
	T ₁	1,13	1,20	0,70	1,65	1,82	3,15	2,63	0,66	1,32
	T ₂	1,13	1,20	0,70	1,65	1,82	3,15	2,63	1,32	1,32
	Y ₂	56,98	72,00	46,85	42,98	89,09	85,04	96,93	41,06	90,79
A' ₁	52,45	30,40	57,34	47,52	52,73	36,22	19,74	23,18	21,05	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
B	B'	0	0	0	0	0	0	0,44	0	0
	D'	9,06	12,40	8,39	9,50	6,36	9,45	4,82	4,64	5,26
	E' ₂	27,17	42,80	16,78	23,55	50,91	61,42	52,19	18,54	53,95
	G'	24,91	29,20	32,17	23,55	17,27	19,69	55,70	17,88	20,39
	I'	4,53	8,00	16,78	5,79	2,73	1,57	2,19	2,65	5,92
	K'	16,98	7,60	14,68	7,02	7,27	8,66	10,53	5,96	4,61
	J' ₂	9,81	5,60	11,89	4,96	5,45	6,30	9,65	3,97	1,32
	O'	19,62	23,60	21,68	19,42	12,73	12,60	15,79	11,92	9,87
	P'	8,30	10,00	14,69	16,12	8,18	7,09	9,21	12,58	11,84
	Q'	53,58	52,40	41,26	46,69	58,18	71,65	56,14	23,18	29,61
	Y'	8,68	7,60	10,49	7,02	8,18	4,72	49,12	5,96	38,16
C	B''	0	0	0	0,83	0	0,79	1,32	0	0
	G''	14,72	13,60	23,78	10,74	7,27	8,66	53,51	51,66	12,50
	C ₁	36,23	44,80	37,76	23,14	12,73	18,90	9,21	17,22	83,55
	C ₂	46,79	53,60	44,06	30,17	17,27	27,56	16,23	27,15	89,47
	E	52,83	61,60	59,44	50,83	30,00	33,86	30,26	59,60	89,47
	R ₁	0	0	0,70	0,41	0	0,79	0	1,32	0,66
	R ₂	44,91	30,80	35,66	52,89	25,45	25,20	26,75	35,10	34,21
	W	34,34	13,60	30,07	13,22	8,18	21,26	10,09	17,22	17,76
	X ₁	3,02	8,80	4,20	7,02	5,45	5,51	1,75	3,31	3,95
	X ₂	67,55	70,80	67,83	62,81	88,18	88,98	96,05	65,56	49,34
	C'	29,81	26,00	32,17	38,02	20,91	23,62	20,17	21,85	19,08
L'	12,83	12,00	9,79	4,55	8,18	29,92	7,89	11,26	11,84	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
F	F	89,62	71,80	88,11	78,31	92,27	74,02	74,56	70,53	70,07
	V	10,38	28,20	11,89	21,69	7,73	25,98	25,44	29,47	29,93
J	J	12,69	27,06	15,13	22,59	11,07	26,29	11,39	20,68	18,48
L	L	23,27	27,89	16,38	11,16	23,72	9,51	9,92	13,88	9,32
M	M	1,14	1,41	0,70	1,46	0	5,26	0,66	1,67	3,01
S	S ₁	8,68	10,80	9,09	4,55	7,27	12,60	7,02	3,97	5,26
	H'	70,94	55,60	42,66	34,71	58,18	66,14	43,86	40,40	88,82
	U	24,15	13,20	38,46	30,17	9,09	7,87	3,51	4,64	1,97
	U'	28,68	24,00	32,87	37,60	25,45	20,47	28,07	33,11	28,29
	H''	24,15	8,00	16,78	32,64	8,18	8,66	3,51	4,64	1,97
	U''	0,75	3,60	2,10	5,37	5,45	6,30	3,07	1,99	1,32
Z	Z	38,88	15,62	35,77	19,45	33,94	29,01	13,40	36,44	16,49
Коефіцієнт антигенона-сиченості		0,2455	0,2502	0,2366	0,2308	0,2220	0,2386	0,2486	0,2077	0,2419
Голів		265	250	143	242	110	127	228	151	152

Отже, вірогідна різниця між основними і найбільш чисельними заводськими лініями та спорідненими групами, які розводяться в зоні районування таврійського типу, виявлена за частотою 13,46-51,92% визначених еритроцитарних антигенів тварин, що вказує на наявність значних генотипових відмінностей внутрішньопородних селекційних формувань червоної молочної породи. Цей висновок підтверджують і дані таблиці 2, де наведено показники імуногенетичної подібності за сукупністю всіх антигенів груп крові ліній та споріднених груп.

Таблиця 2. Кореляційний зв'язок ліній та споріднених груп за структурою антигенофонду

Лінія, група	Кевеліє	Чіфа	Хене-ве	Фре-ма	На-гіта	Елі-вей-шна	Сіг-нета	Астро-нав-та
Чіфа	.8930							
Хене-ве	.9308	.8789						
Фрема	.9033	.8889	.9142					
Нагіта	.8672	.8723	.8440	.8510				
Елівейшна	.8549	.8815	.8286	.8339	.9223			
Сігнета	.7681	.8289	.7741	.7778	.8383	.8425		
Астронавта	.8516	.8584	.8644	.8716	.8201	.8157	.8206	
Вала	.8201	.8445	.8029	.7846	.7861	.7919	.7900	.7946

За комплексом структурних значень встановлених антигенів найбільш значні відмінності виявлено при парних порівняннях слідуєчих ліній та споріднених груп: Кевеліє-Сігнета ($r=0,7681\pm 0,0278$), Хене-ве-Сігнета ($r=0,7741\pm 0,0331$) і Фрема-Сігнета ($r=0,7778\pm 0,0278$), а найвищу подібність визначено у порівнюваних парах Кевеліє-Хене-ве ($r=0,9308\pm 0,0190$), Нагіта-Елівейшна ($r=0,9223\pm 0,0252$) та Хене-ве-Фрема ($r=0,9142\pm 0,0214$).

Наведені результати оцінки співвідношення заводських ліній і споріднених груп підтверджуються також визначенням їх відмінності при аналізі за окремими антигенами. Так, вірогідна різниця за частотою найбільшої кількості кровогрупових факторів виявилася між слідуєчими лініями і спорідненими групами: Кевеліє і Сігнета (27 антигенів – 51,92%), Хене-ве і Сігнета (26 антигенів – 50,0%) та Фрема і Сігнета (25 антигенів – 48,08%), а найменша різниця встановлена між групами тварин Кевеліє і Хене-ве (7 антигенів – 13,46%), Нагіта і Елівейшна (12 антигенів – 23,08%), Хене-ве і Фрема (14 антигенів – 26,92%). Отже, в дослідженнях встановлено абсолютний ранговий зв'язок оцінок різними методами, тобто оцінки співвідношень ліній за сумою окремих антигенів і за їх сукупністю співпали, що свідчить про ефективність і високу повторюваність

результатів визначення рівня диференціації при застосуванні двох методів аналізу імуногенетичних структур селекційних формувань на антигенному рівні.

Паралельно з дослідженням структури заводських ліній за еритроцитарними антигенами проведено аналіз алелофонду за В-локусом груп крові. В обстежених групах всього номенклатурно встановлено 82 алеля, що свідчить про широку варіабельність алелофонду. Результати аналізу заводських ліній і споріднених груп за основними алелями та параметрами генетичної структури В-локусу груп крові наведено в таблиці 3.

У лінійних групах тварин всього встановлено від 29 (споріднена група Нагіта) до 46 (лінії Кевеліє і Чіфа) алелів ЕАВ-локусу, що вказує на наявність значного різноманіття ліній і споріднених груп за спектром виявлених алельних варіантів та на пропорційну залежність загальної кількості встановлених алелів від чисельності тварин у відповідних популяціях. В той же час за кількістю основних алелів, частота яких перевищує один відсоток, прямо пропорційної залежності не спостерігається. Наприклад, по 18-20 основних алотипів одночасно визначено в найбільш чисельних популяціях Кевеліє, Сігнета та Чіфа і найменших по чисельності тварин споріднених групах Нагіта та Елівейшна.

У тварин лінії Хеневе сумарна частота основних алелів склала 0,8763, найбільш розповсюдженими є $O_1A'_1$, $O_1J'_2K'O'$, $Y_2A'_1$, $G'G''$ та Q' . Ця лінія характеризується самим високим рівнем поліморфності за кількістю ефективних алелів ($N_a=14,90$) і має саму низьку гомозиготність (0,0671). У спорідненій групі Нагіта сумарна концентрація 18 основних алотипів дорівнює 0,9368 при маркерних алелях $G_2Y_2E'_1Q'$ та $Y_2A'_1$. Дана популяція характеризується найбільшою генетичною однорідністю і має найвищий показник гомозиготності ($C_a=0,1496$) та найменший рівень поліморфності ($N_a=6,7$). Найбільш багаточисельна лінія Кевеліє за частотою 20 основних алелів охоплює 91,2% тварин, маркерними для неї є $B_1P_1Y_1G'$, $G_2Y_2E'_1Q'$, $O_1Y_2A'_1$, $O_1A'_1$, $O_1J'_2K'O'$ та $Y_2A'_1$ при невисокому значенні коефіцієнта гомозиготності (0,0720) і значній кількості ефективних алелів ($N_a=13,9$). Для лінії Чіфа найбільш характерними є алелі B_2O_1 , $G_2Y_2E'_1Q'$, та $Y_2A'_1$, а для лінії Фрема найбільш розповсюдженими визначені алеломорфи B_1P' , $O_1A'_1$, $Y_2A'_1$ та Q' . За сумарною частотою в межах кожної з ліній та споріднених груп основні 16-20 алелів охоплюють 87,4-93,8 відсотків тварин. В цілому сучасні лінійні формування зони розведення таврійського типу характеризуються достатньо високим рівнем диференціації і консолідації при середньому значенні коефіцієнта гомозиготності 0,1079 з інтервалом відмінності від 0,0671 до 0,1496. На успішність процесу консолідації ліній переконливо вказує і той факт, що в попередньому поколінні

Таблиця 3. Генетична структура ліній і споріднених груп червоної молочної породи за основними алелями В-системи

Алель	Заводська лінія				С	
	Кевеліє 1620273	Чіфа 1427381- Валіанта 1650414	Хеневе 1629391	Фрема 17291	Наріта 300502	Елівей шна 149100
1	2	3	4	5	6	7
B ₁ G ₂ KY ₂ O'	0,0	0,0	0,0	0,0043	0,0	0,0111
B ₁ G ₂ KE' ₁ F' ₂ O'	0,0146	0,0307	0,0270	0,0217	0,0115	0,0222
B ₁ P ₁ Y ₁ G'	0,0481	0,0282	0,0405	0,0348	0,0287	0,0278
B ₁ QA' ₁ P'Q'	0,0	0,0	0,0090	0,0	0,0	0,0
B ₁ P'	0,0355	0,0384	0,0495	0,0435	0,0230	0,0222
B ₂ O ₁	0,0188	0,1487	0,0225	0,0391	0,0287	0,0166
B ₂ O ₁ Y ₂ D'	0,0104	0,0102	0,0090	0,0087	0,0172	0,0166
G ₂ O ₁ T ₁ A' ₁ E' ₃ F' ₂ K'	0,0021	0,0051	0,0	0,0043	0,0115	0,0056
G ₂ Y ₂ D'	0,0042	0,0051	0,0270	0,0087	0,0115	0,0056
G ₂ Y ₂ E' ₁ Q'	0,0774	0,1667	0,0450	0,0348	0,2759	0,3111
G ₃ O ₁ T ₁ E' ₁ F' ₂ K'	0,0021	0,0	0,0	0,0043	0,0	0,0111
I ₁ O ₂ QA' ₁ E' ₂ K'Q'	0,0314	0,0051	0,0090	0,0043	0,0	0,0
I ₂	0,0188	0,0384	0,0090	0,0217	0,0230	0,0278
I ₂ Y ₂ E' ₁	0,0167	0,0128	0,0090	0,0130	0,0057	0,0166
O ₁	0,0042	0,0026	0,0045	0,0087	0,0115	0,0
O ₁ Y ₂ A' ₁	0,1025	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0944
O ₁ Y ₂ Y'	0,0021	0,0026	0,0	0,0	0,0	0,0
O ₁ A' ₁	0,1130	0,0487	0,1216	0,2304	0,0690	0,0500
O ₁ I'Q'	0,0	0,0026	0,0045	0,0043	0,0057	0,0056

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7
O ₁ J' ₂ K'O'	0,0544	0,0205	0,0676	0,0130	0,0230	0,0333
Y ₂	0,0	0,0102	0,0135	0,0	0,0	0,0
Y ₂ A' ₁	0,0565	0,0538	0,0991	0,0478	0,2414	0,0333
Y ₂ G'	0,0042	0,0	0,0045	0,0043	0,0057	0,0
Y ₂ G'Y'G''	0,0042	0,0	0,0045	0,0	0,0	0,0
Y ₂ Y'	0,0272	0,0359	0,0405	0,0348	0,0287	0,0057
A' ₁	0,0	0,0051	0,0	0,0	0,0	0,0057
D'G'O'	0,0209	0,0333	0,0045	0,0217	0,0057	0,0222
E' ₃ G'Q'	0,0	0,0308	0,0	0,0	0,0	0,0
G'	0,0021	0,0051	0,0045	0,0043	0,0230	0,0166
G'I'G''	0,0063	0,0179	0,0045	0,0	0,0	0,0
G'O'G''	0,0063	0,0077	0,0	0,0043	0,0	0,0
G'Q'G''	0,0104	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
G'G''	0,0104	0,0	0,0811	0,0	0,0057	0,0333
I'Q'	0,0021	0,0	0,0225	0,0043	0,0	0,0
O'	0,0042	0,0	0,0090	0,0043	0,0057	0,0111
Q'	0,1548	0,1076	0,1171	0,2304	0,0287	0,0888
G''	0,0230	0,0282	0,0225	0,0304	0,0230	0,0
b	0,0669	0,0410	0,0766	0,0565	0,0575	0,0722
Голів	239	195	111	115	87	90
Всього В-алелів	46	46	37	39	29	31
Основних алелів	20	19	16	15	18	20
Частота основних алелів	0,9117	0,9020	0,8736	0,8736	0,9368	0,9384
Ca	0,0720	0,0788	0,0671	0,1221	0,1496	0,1299
Na	13,9	12,7	14,9	8,2	6,7	7,7

коефіцієнти гомозиготності були значно меншими і знаходились в межах від 0,0610 до 0,1180 при середньому значенні 0,0784.

Для оцінки рівня імуногенетичної однорідності ліній і споріднених груп за сукупністю алелів EAB-локусу проведено визначення ступеня їх подібності шляхом обрахування індексів імуногенетичної схожості (r) за Майалою, Ліндстремом та генетичних дистанцій (DN) за Неєм (табл. 4).

Таблиця 4. Рівень генетичної диференціації ліній та споріднених груп червоної молочної породи

Лінія, група	Ке-веле	Чіфа	Хене-ве	Фрема	Нагіта	Елівейшна	Сігнета	Астро-навта	Вала
Кевеліе		.376	.183	.171	.588	.372	.645	.982	.899
Чіфа	.687		.449	.488	.332	.276	.358	.683	.849
Хене-ве	.833	.638		.192	.504	.649	.657	.994	.844
Фрема	.843	.614	.826		.925	.846	1.070	1.113	.980
Нагіта	.555	.718	.604	.397		.245	.287	1.027	1.198
Елівейшна	.661	.759	.522	.429	.783		.165	1.144	1.116
Сігнета	.525	.699	.519	.343	.750	.848		1.035	.889
Астро-навта	.375	.505	.370	.329	.358	.319	.355		1.262
Вала	.407	.428	.430	.375	.302	.328	.411	.283	

Примітка: у нижній лівій частині таблиці наведено індекси імуногенетичної схожості у правій верхній – генетичні дистанції

При попарному порівнянні ліній і споріднених груп індекси імуногенетичної схожості за сукупністю В-алелів груп крові мають коливання від 0,283 до 0,848, а генетичні дистанції – від 0,165 до 1,262. Наведені експериментальні дані свідчать про наявність значного генетичного різноманіття і достатньо високої диференціації заводських ліній та споріднених груп червоної молочної породи в зоні розведення таврійського типу.

Найвища подібність за структурою алеломорфів встановлена між слідуючими лініями та спорідненими групами: Елівейшна-Сігнета ($r=0,848$, $DN=0,165$), Кевеліе-Фрема ($r=0,843$, $DN=0,171$) і Хене-Кевеліе ($r=0,833$, $DN=0,183$), а найменша схожість виявлена між спорідненими групами Астро-навта-Вала ($r=0,283$, $DN=1,262$), Нагіта – Вала ($r=0,302$, $DN=1,198$) і Елівейшна-Астро-навта ($r=0,319$, $DN=1,144$).

В проаналізованих 36 варіантах порівнювання ступеня схожості пар за сукупністю антигенів і алелів ранги оцінок різними методами

ліній і споріднених груп повністю співпали тільки в одному випадку, а коефіцієнт рангової кореляції виявився на рівні 0,6218, що вказує на необхідність застосування в моніторингових дослідженнях методів аналізу та контролю генетичних процесів у заводських лініях паралельно на антигенному і алельному рівнях.

Висновки. На основі оцінки антигенофонду й алелофонду встановлено, що заводські лінії та споріднені групи української червоної молочної породи в зоні розведення таврійського типу характеризуються значним генетичним різноманіттям.

Результати аналізу вказують на наявність достатньо високої імуногенетичної специфічності та диференціації заводських ліній і споріднених груп за генотиповими ознаками. У той же час окремі внутрішньопородні селекційні формування характеризуються низькими значеннями коефіцієнтів гомозиготності, що свідчить про необхідність подальшої консолідації заводських ліній з використанням імуногенетичного контролю на основі довгострокового моніторингу на антигенному, алельному й генотиповому рівнях.

Список використаної літератури

1. Петренко І.П. Генетико-популяційні процеси при розведенні тварин / І.П. Петренко, М.В. Зубець, Д.Т. Вінничук та ін.. – К.: Аграрна наука, 1997. – 478 с.
2. Буркат В.П. Розведення тварин за лініями: генезис понять і методів та сучасний селекційний контекст / В.П. Буркат, Ю.П. Полупан. – К.: Аграрна наука, 2004. – 68 с.
3. Матушек И. Группы крови крупного рогатого скота / И. Матушек. – К.: Урожай, 1964. – 170 с.
4. Животовский Л.А. Популяционная биометрия / Л.А. Животовский. – М.: Наука, 1991. – 271 с.
5. Maijala K. Frequencies of groups genes and factors in the Finnish cattle breeds with special regard to breed comparisons / K.Maijala, G. Lindstrom // Am. Agric. Fennial. – 1996. - №5. – P. 76-93.
6. Nei M. Genetic distance between populations / M. Nei // Amer. Natur. – 1972. – Vol. 106. - №949. – P. 283-292.