

УДК 575:618.19-002:636.2.034

РІЗНОМАНІТНІСТЬ І ХАРАКТЕР РОЗПОДІЛУ АЛЕЛІВ ГЕНА *BoLA-DRB3.2* СЕРЕД ПОРІД ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

Т. М. Супрович¹, М. П. Супрович¹, Р. В. Колінчук¹, Н. Б. Махночова²
kokas2008@ukr.net

¹Подільський державний аграрно-технічний університет,

вул. Тараса Шевченка, 13, м. Кам'янець-Подільський, 32316, Україна

²Інститут розведення і генетики тварин ім. М. В. Зубця НААН України,

вул. Погребняка, 1, с. Чубинське, Бориспільський р-н, Київська обл., 08321, Україна

У статті наведено дослідження поліморфізму гену *BoLA-DRB3.2* двох вітчизняних порід (українських чорно-рябої молочної та червоно-рябої молочної) порівняно з іншими світовими породами ВРХ. Використовували методи ПЛР-ПДРФ і АС-ПЛР, за допомогою яких визначали 54 алелі екзона 2 гену *BoLA-DRB3*.

В українській чорно-рябої молочної худоби виявлено 28, а в українській червоно-рябої молочної породи — 22 алелі. Частотний спектр алелів в обох популяціях рівномірний. В українській чорно-рябої молочної худоби з частотою понад 5 % визначалися алелі *03, *08, *10, *13, *22, *24 та *28, а в українській червоно-рябої молочної — *01, *03, *07, *11, *16, *22 і *24. Обидві досліджені породи мають достатньо високий рівень поліморфізму. Значення очікуваної гетерозиготності для української чорно-рябої молочної породи $H_e=0,939$, а для української червоно-рябої молочної породи — $H_e=0,921$.

У статті наведено дані досліджень алельного різноманіття для різних світових порід з головних регіонів, де розводять молочну худобу. Наявність високого рівня поліморфізму і генетичного різноманіття у досліджених нами порід, а також у більшості світових популяцій молочних корів великої рогатої худоби дає можливість вважати досліджений *DRB3.2* локус інформативним молекулярно-генетичним маркером, який необхідно використовувати у спрямованій селекції для створення стад, стійких до різних захворювань. Необхідно розширити подібні дослідження в Україні як за кількісними показниками, так і за спектром порід ВРХ, локалізованих на території держави.

Ключові слова: УКРАЇНСЬКА ЧОРНО-РЯБА МОЛОЧНА ПОРОДА, УКРАЇНСЬКА ЧЕРВОНО-РЯБА МОЛОЧНА ПОРОДА, ГЕН *BoLA-DRB3*, ПОЛІМОРФІЗМ, АЛЕЛІ, ПОЛІМЕРАЗНО-ЛАНЦЮГОВА РЕАКЦІЯ, МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНИЙ МАРКЕР

DIVERSITY AND THE DISTRIBUTION OF ALLELES OF *BoLA-DRB3.2* GENE AMONG CATTLE BREEDS

T. Suprovych¹, M. Suprovych¹, R. Kolinchuk¹, N. Makhnochova²
kokas2008@ukr.net

¹Podilsky State Agrarian Technical University,

13 T. Shevchenko str., Kamyanets-Podilskyi 32316, Ukraine

²Institute of Animal Breeding and Genetics named after M. Zubets,

1 Pogrebnyak str., Chubynske, Boryspil district, Kyiv region 08321, Ukraine

The article presents a study of polymorphisms of gene *BoLA-DRB3.2* in two native breeds (Ukrainian black-pied dairy and red-pied dairy) in comparison with other world breeds of cattle. We used methods PCR-RFLP and AS-PCR. Detect 54 alleles exon 2 gene *BoLA-DRB3* allow these methods. In Ukrainian, black-pied dairy cattle have found 28, and the red-pied dairy — 22 alleles. Frequency spectrum of alleles in both populations is uniform. There are determined alleles at frequency of more than 5%: in Ukrainian black-pied dairy cattle *03, *08, *10, *13, *22, *24 and *28; in Ukrainian red-pied dairy — *01, *03, *07, *11, *16, *22 and *24. Ukrainian breeds have a high enough level of polymorphism. The value of expected heterozygosity for Ukrainian black-pied dairy breed $H_e = 0,939$, and for the Ukrainian red-pied dairy — $H_e = 0,921$.

Research shows diversity of the allelic spectrum for various world breeds in the main regions where have dairy cattle breeding. There are presence of high levels polymorphism and genetic diversity in investigated

breeds, as well as in most breeds of dairy cows of the world. Obviously, DRB3.2 locus is informative molecular genetic marker. It can be used in breeding expected to create herds resistant to several diseases. Necessary to expand such research in the Ukraine in numerical terms and in the range of breeds of cattle, localized in the state.

Keywords: UKRAINIAN BLACK-PIED DAIRY CATTLE, UKRAINIAN RED-PIED DAIRY CATTLE GENE BOLA-DRB3, POLYMORPHISM, ALLELES, POLYMERASE CHAIN REACTION, MOLECULAR GENETIC MARKER

РАЗНООБРАЗИЕ И ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЛЛЕЛЕЙ ГЕНА BOLA-DRB3.2 СРЕДИ ПОРОД КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Т. М. Супрович¹, М. П. Супрович¹, Р. В. Колінчук¹, Н. Б. Махночова²
kokas2008@ukr.net

¹Подольский государственный аграрно-технический университет,
ул. Тараса Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, 32316, Украина
²Институт разведения и генетики животных им. М. В. Зубца НААН Украины,
ул. Погребняка, 1, с. Чубинское, Бориспольский р-н, Киевская обл., 08321, Украина

В статье приведены исследования полиморфизма гена BoLA-DRB3.2 двух отечественных пород (украинских черно-пестрой молочной и красно-пестрой молочной) в сравнении с другими мировыми породами КРС. Использовали методы ПЦР-ПДРФ и АС-ПЦР, с помощью которых определяли 54 аллели экзона 2 гена BoLA-DRB3.

*В украинского черно-пестрого скота выявлено 28, а в украинского красно-пестрого — 22 аллели. Частотный спектр аллелей в обеих популяциях равномерен. В украинского черно-пестрого скота с частотой более 5% определялись аллели *03, *08, *10, *13, *22, *24 и *28, а в украинского красно-пестрого — *01, *03, *07, *11, *16, *22 и *24. Обе исследованные породы имеют достаточно высокий уровень полиморфизма. Значение ожидаемой гетерозиготности для украинской черно-пестрой молочной породы $H_e=0,939$, а для украинской красно-пестрой молочной породы — $H_e=0,921$.*

В статье приведены данные исследований аллельного разнообразия для разных мировых пород из главных регионов, где разводят молочный скот. Наличие высокого уровня полиморфизма и генетического разнообразия в исследованных нами породах, а также у большинства мировых популяций молочных коров крупного рогатого скота дает возможность считать изученный DRB3.2 локус информативным молекулярно-генетическим маркером, который необходимо использовать в направленной селекции для создания стад устойчивых к различным заболеваниям. Необходимо расширение подобных исследований в Украине, как по количественным показателям, так и по спектру пород КРС, локализованных на территории государства.

Ключевые слова: УКРАИНСКАЯ ЧЕРНО-ПЕСТРАЯ МОЛОЧНАЯ ПОРОДА, УКРАИНСКАЯ КРАСНО-ПЕСТРАЯ МОЛОЧНАЯ ПОРОДА, ГЕН BOLA-DRB3, ПОЛИМОРФИЗМ, АЛЛЕЛЬ, ПОЛИМЕРАЗНАЯ ЦЕПНАЯ РЕАКЦИЯ, МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МАРКЕР

Проведена селекція на створення високопродуктивних молочних порід великої рогатої худоби призвела до значного переважаювання у світі однієї породи — голштин-фрізьської. Наслідком цього стало значне скорочення чисельності інших порід і, відповідно, скорочення загального генетичного різноманіття генофонду великої рогатої худоби.

Збіднення генофонду великої рогатої худоби у майбутньому може привести до

негативних наслідків, оскільки неможливо передбачити виникнення нових вимог до продуктивності і резистентності ВРХ до захворювань. Важливо підтримувати максимально важливе різноманіття генофонду великої рогатої худоби на молекулярному рівні.

Як тест-система для вивчення генетичного різноманіття і диференціації порід великої рогатої худоби використовується поліморфізм гена BoLA-DRB3 головного

комплексу гістосумісності, який забезпечує формування імунної відповіді на бактеріальні і вірусні інфекції. Високий рівень поліморфізму гена BoLA-DRB3 дозволяє використовувати його як інформативний маркер до захворювань.

За останнє десятиліття значно зріс інтерес дослідників до вивчення можливого зв'язку між алелями екзона 2 гена BoLA-DRB3 та стійкістю (сприйнятливістю) корів різних порід до захворювань. Проведені дослідження дозволили накопичити значний обсяг даних про наявність і характер розподілу алелів і генотипів цього гена для різних популяцій, що дає змогу провести попередній аналіз стосовно можливого їх використання у ролі генетичних маркерів до одного з найпоширеніших захворювань ВРХ — маститу [1, 4, 6, 7, 9].

Мета роботи полягала у вивченні різноманітності і характеру розподілу алелів BoLA-DRB3.2 в українських чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід і проведенні порівняльного аналізу з вивченими раніше світовими породами.

Матеріали і методи

Досліджувалися зразки крові від корів української чорно-рябої (n=162) і червоно-рябої (n=117) молочних порід з племінних і товарних господарств Хмельницької та Чернівецької областей. Спектр алелів гена BoLA-DRB3.2 вивчали за допомогою ПЛР, яку проводили із застосуванням готових наборів «GenPakR PCR Core», ТОВ «Лабораторія Ізоген». Для ампліфікації екзона 2 гена BoLA-DRB3 використовували двоетапний метод проведення ПЛР із застосуванням праймерів HLO-30, HLO-31 і HLO-32. Для рестрикційного аналізу фрагменту екзона 2 гена BoLA-DRB3.2 використовували ендонуклеази рестрикції RsaI, HaeIII, BstYI (XhoII) фірм «Promega», «NewEnglandBioLabs» і НВО «СібЕнзим». Рестрикційні фрагменти розділяли за допомогою електрофорезу в 4 % агарозному гелі [16]. Всього методами ПЛР-ПДРФ і АС-ПЛР визначається 54 алелі.

Результати й обговорення

За результатами власних досліджень встановлено, що в українській чорно-рябої молочної породи ідентифікується 28 BoLA-DRB3.2 алелів, а в українській червоно-рябої — 22 алелі (Табл. 1).

Дослідження різних авторів в сукупності з інформацією, отриманою авторами цієї роботи, спрямованої на виявлення алельного спектру вітчизняних українських чорно- і червоно-рябої молочних порід, дозволяють оцінити алельний спектр і поліморфізм гена BoLA-DRB3.2 для широкого кола порід ВРХ. Крім даних про українські породи, в огляді подано дані виявлення алелів гена BoLA-DRB3.2 у голштинської (типувалися лише алелі *1–*40), калмицької, якутської, зебувидної, костромської та ярославської худоби [2, 3, 5, 8]. Узагальнені дані щодо розподілу алелів наведені у *Таблиці 1*.

Вивчені породи розрізняються за кількістю, спектром алелів і розподілом їх частот. Середня частота знаходження алелів у представлених порід складає 25,3 або 46,3 %. Найбільш поширеними (серед 1318 оцінених корів) були алелі *08 (4,16 %), *28 (4,47 %), *23 (4,89 %), *16 (7,45 %), *24 (9,88 %) і *22 (9,89 %). Зовсім не визначалися алелі *30, *39 і *53.

За даними інших досліджень, наприклад, іранської худоби породи Сарабі, алелі *35 і *51 визначалися, відповідно, у 6,2 і 1,5 % досліджених корів [11]. Також алель *51 було знайдено в однієї корови з 262 протестованих тварин іранської голштинської породи [9]. В однієї з індійських порід Канкрей найбільш поширеним виявився алель BoLA-DRB3.2*34 (22%) [6].

У всіх восьми проаналізованих порід виявлялися лише два алелі — DRB3.2*12 і *22. Алелі *7, *8, *11, *15 і *28 знайдено у семи, а *10, *24 і *27 — у шести порід ВРХ. За даними Behl J. та ін. [12], переховані алелі визначаються в більшості інших світових порід, визначених методами ПЛР-ПДРФ і АС-ПЛР для гена BoLA-DRB3.2 (Табл. 2).

Найбільша експресія алелів цього гена виявлена у калмицької (36 алелів) і яро-

Таблиця 1

Розподіл частот алелів гена BoLA-DRB3 у різних порід

Алелі BoLA-DRB3	ПОРОДИ ВРХ							
	українська чорно-ряба молочна ВРХ (N=162)	українська червоно-ряба молочна ВРХ (N=117)	гоштинська ВРХ (N=524)	зебувдна худоба (N=95)	калмицька ВРХ (N=66)	костромська ВРХ (N=104)	якутська ВРХ (N=105)	ярославська ВРХ В (N=141)
*01	1,54	7,69	–	3,7	3,8	7,2	–	–
*02	2,47	–	–	–	–	–	0,5	1,1
*03	5,86	5,13	3,1	0,5	–	–	–	2,5
*04	2,16	1,28	–	–	2,3	–	–	–
*05	–	–	–	–	1,5	–	–	–
*06	–	–	0,1	–	1,5	–	–	1,4
*07	4,94	15,38	0,9	8,4	3	3,8	1,9	–
*08	7,41	4,70	7,8	2,1	3	8,5	–	0,7
*09	–	1,28	1,0	–	–	–	–	–
*10	5,25	4,70	4,0	–	4,5	22,5	–	2,1
*11	1,54	9,40	4,4	2,1	3,8	12,7	–	0,4
*12	3,70	1,28	3,4	0,5	6,8	3,4	0,5	7,4
*13	5,25	–	0,16	–	0,8	0,8	–	7,8
*14	–	–	0,8	–	–	–	–	2,5
*15	1,85	1,71	0,8	1,1	5,3	2,1	–	5,0
*16	0,62	5,13	17,0	–	3,8	–	–	4,6
*17	–	–	–	–	1,5	0,4	0,5	0,4
*18	2,47	–	0,6	–	3,8	0,4	8,6	1,4
*19	–	–	0,16	–	0,8	–	–	–
*20	0,93	1,28	–	–	–	3,0	–	1,4
*21	1,85	–	0,47	–	2,3	–	0,5	0,4
*22	12,04	12,82	20,1	14,2	1,5	2,1	4,8	2,1
*23	1,85	–	10,1	3,7	3,0	–	0,5	3,9
*24	11,73	8,97	16,4	16,8	7,6	–	–	16,3
*25	0,62	2,56	4,1	1,1	–	0,4	–	0,4
*26	4,32	–	1,1	1,1	0,8	–	–	0,4
*27	–	2,56	2,2	15,3	2,3	0,4	–	0,4
*28	7,72	3,85	1,1	9,5	14,4	11,4	–	16,0
*29	–	–	–	–	–	–	42,9	–
*31	0,62	–	–	1,6	–	0,8	1,4	3,2
*32	3,09	1,28	–	0,5	–	–	1,0	0,7
*33	–	–	–	–	0,8	–	–	0,40
*34	–	–	–	3,2	0,8	–	–	–
*35	–	1,28	–	–	–	–	–	–
*36	3,09	–	–	–	2,3	11,4	–	1,40
*37	3,40	–	–	1,6	1,5	1,3	–	0,70
*38	–	–	–	1,1	2,3	–	–	–
*40	–	–	–	–	–	–	–	4,30
*41	0,62	–	–	1,1	0,8	1,7	–	–
*42	0,62	4,70	–	10,5	–	–	–	1,80
*43	–	1,28	–	–	3,0	0,4	–	0,40
*44	–	–	–	–	–	–	–	3,50
*45	–	1,71	–	–	0,8	–	7,1	–
*46	–	–	–	–	0,8	–	–	–
*47	–	–	–	–	1,5	–	–	–
*48	2,47	–	–	–	–	1,3	–	1,10
*49	–	–	–	–	–	1,7	–	–
*50	–	–	–	–	0,8	–	7,1	0,70
*51	–	–	–	0,5	3,0	2,1	–	2,80
*52	–	–	–	–	1,5	–	–	–
*54	–	–	–	–	2,3	–	22,9	0,70
Всього алелів	28	22	22	22	36	23	14	35

Таблиця 2

**Кількість алелів гена BoLA-DRB3.2 та алелів з частотою понад 5%,
знайдених на DRB3.2 локусі у світових порід [7, 12]**

Порода	Всього алелів	P>5%		Кількість тварин	«Інформативні» алелі з частотою визначення P>5%
		всього алелів	сумарна частка		
Голштинська (США, Канада)	27	7	88,7	835	*03, *08, *11, *16, *22, *23, *24
	22	6	71	127	*08, *11, *23, *22, *16
	29	6	70,3	1100	*22, *24, *08, *16, *23, *11
Джерсейська (США, Канада)	13	7	82,4	66	*07, *10, *17, *21, *20, *28, *32
	24	6	74	172	*08, *10, *15, *21, *36
Креольська Сааведріно	22	7	70	125	*16, *36, *08, *11, *27, *37, *07
Аргентинська	21	6	72,8	194	*05, *15, *18, *20, *24, *27
Айширська (Росія)	18	5	77	127	*07, *28, *08, *10, *24
Іран	Гольпаеган	19	9	74	*52, *45, *28, *19, *16, *11, *10
	Голштинська	28	6	69,7	*08, *11, *16, *22, *23, *24
	Сістані	32	6	60	*08, *10, *11, *20, *34, *X
Норвежська червона	27	7	78,1	523	*03, *07, *08, *11, *24, *26, *27
Пакистанська Сахівал	20	6	67	—	*02, *15, *08, *09, *37
Індія	Канкрей	24	6	71	*15, *06, *20, *37, *46, *34
	Харіана	16	5	59	*02, *06, *08, *20, *36
Зебувидна Тарпаркар	15	5	62	33	*01, *37, *10
Китайська жовта	23	7	53,9	80	*2002, *2003, *3101, *3103, *4302, *5702, *6001
Голштини×Зебу (Таїланд)	40	6	61,2	409	*16, *51, *23, *11, *8, *1
Японія	Шортгорнська	21	6	70	*08, *09, *21, *27, *07, *24
	Голштинська	16	4	56,8	DRB*0101, *1501, *1201, *1101
		17	6	—	DRB*0101, *1001, *1101, *1201, *1501, *2703
	Чорна	22	7	—	DRB3*0201, *0503, *1001, *1101, *1201, *1501, *1601

славської порід (35 алелів). Українська чорно-ряба молочна худоба теж характеризується широким алельним спектром: у неї виявлено 28 алелів. По 22–23 алелі тестуються у костромської, української червоно-рябої молочної порід ВРХ і зебувидної худоби. В якутської худоби виявлено найменший рівень генетичної різноманітності за геном BoLA-DRB3 — всього 14 алелів.

Для інших світових порід максимальна кількість (40 алелів) виявлена для помісєй Зебу з голштинами [7]. Також високий рівень алельного різноманіття характерний для монгольської (35 алелів) [10], іранської зебувидної Сістані (32 алелі) [8], іранської голштинської породи (30 алелів) [9], канадської голштинської [13] і червоної норвезької порід (по 27 алелів) [14].

Найменша розмаїтість спектру зафіксована для американської голштинської (11) [15], айширської (18) [1] та шортгорнської порід ВРХ (21) [17]. При вивченні джерсейської ху-

доби виявлено 24 алелі BoLA-DRB3 [18].

Відслідковується закономірність зменшення кількості алелів для так званих комерційних (промислових) порід, для яких характерною є довготривала селекція в обмеженому ареалі з метою отримання високих показників молочної продуктивності.

Широкий алельний спектр у монгольської та калмицької порід пояснюється умовами утримання тварин. Відомо, що для степових порід, які постійно перебувають в умовах вільного випасу, не існує спеціальних селекційних програм щодо покращення продуктивних ознак. Стосовно комерційних порід, які мають значний набір алелів, необхідно зауважити, що вони, як правило, створені на основі постійного поліпшення через схрещування з високопродуктивними биками інших порід. Так, ярославська порода, виведена на основі відбору місцевих північних великоросійських корів і розведенням кращої худоби «в собі», пройшла покращення

остфризькими биками, а потім, як і більшість сучасних стад, — голштинськими плідниками. Аналогічна ситуація спостерігається з іншими породами (голштинська канадської та іранської селекції, червона норвезька), які покращувалися биками голштинської породи, що призвело до суттєвого розширення алельного спектру нащадків.

Цей висновок можна поширити на українську чорно-рябу молочну породу. У породі наявні генотипи декількох відрідів — голландської, естонської, литовської, чорно-рябої Московської та інших селекцій, а на завершальному етапі формування відбулася і триває масштабна голштинізація худоби [19].

Сучасне стадо чорно-рябої худоби у господарствах України досить різноманітне за своєю генеалогічною структурою. Тому наявність 28 алелів гена BoLA-DRB3.2 у корів даної породи цілком відповідає її генеалогії. Останні дослідження чорно-рябої породи дозволили розширити алельний спектр ще на 5 алелів.

Для національних або регіональних порід, які не пройшли шлях тотального поліпшення іншими породами, характерний середній за чисельністю набір алелів. До них належать костромська, а також українська червоно-ряба молочна порода і зебувидна худоба.

Костромська худоба належить до регіональних (місцевих) порід. Виведена в радгоспі «Караваєво» та племінних фермах Костромської області схрещуванням ярослав-

ської й місцевої мисковської худоби з альгауською і швіцькою породами. Невеликий і стабільний ареал, а також відсутність до останнього часу масової голштинізації зумовили помірний алельний спектр у костромських корів.

Аналогічну точку зору можна поширити на українську червоно-рябу молочну худобу. Порода створена відтворним схрещуванням сименталів з червоно-рябими голштинами з незначною часткою монбельярдів і айрширів [20].

Незважаючи на відносно великий ареал (14 областей України), в генетичний банк породи не привнесено великої кількості спадкового матеріалу від інших порід, що зумовлює середній за розміром спектр алелів гена BoLA-DRB3.

Незначна кількість алелів у якутської худоби є наслідком переходу більшості генів в гомозиготний стан, спричиненим низькою чисельністю цієї породи, а також з пониженою кількістю збудників, що трапляються в області її поширення.

Найбільша нерівномірність експресії частот алелів гена BoLA-DRB3 спостерігається у якутської, голштинської, костромської та зебувидної худоби. В інших порід частоти алелів розподілені більш рівномірно. Значне переважання частоти одного або декількох алелів над іншими дає змогу пов'язувати їх наявність з різними ознаками і використовувати в маркер-асоційованій селекції або як QTL-маркери [11, 21, 22].

Таблиця 3

Спектр «інформативних» алелів для різних порід

Породи	Всього алелів з $P > 5\%$	Переважаючі алелі з $P > 5\%$ та частота їх виявлення (%)	Загальна частота алелів з $P < 5\%$	Очікувана гетерозиготність, H_e
Українська чорно-ряба молочна ВРХ	7	*10 (5,3); *13 (5,3); *03 (5,9); *08 (7,4); *28 (7,7); *24 (11,7); *22 (12,0)	40,4	0,939
Українська червоно-ряба молочна ВРХ	7	*03 (5,1); *16 (5,1); *01 (7,7); *24 (9,0); *11 (9,4); *22 (12,8); *07 (15,4)	35,5	0,921
Голштинська ВРХ	5	*08 (7,8); *23 (10,1); *24 (16,4); *16 (17,0); *22 (20,1)	28,4	0,975
Зебувидна худоба	6	*07 (8,4); *22 (14,2); *24 (16,8); *27 (15,3); *28 (9,5); *42 (10,5)	25,3	0,895
Калмицька ВРХ	4	*12 (6,8); *15 (5,3); *24 (7,6); *28 (14,4)	65,9	0,949
Костромська ВРХ	6	*01 (7,2); *08 (8,5); *10 (22,5); *11 (12,7); *28 (11,4); *36 (11,4)	26,3	0,889
Якутська ВРХ	5	*18 (8,6); *29 (42,9); *45 (7,1); *50 (7,1); *54 (22,9)	11,4	0,744
Ярославська ВРХ	4	*12 (7,4); *13 (7,8); *24 (16,3); *28 (16,0)	52,5	0,922

Зведені показники *Таблиці 3* вказують на те, що переважаючі алелі ($P > 0,05$) мають мінімальне значення для ярославської та калмицької худоби (по 4 визначення) і максимальне — для чорно-рябої і червоно-рябої худоби (по 7 визначень). В таких же межах є показники всіх досліджених порід, дані про які наявні в наукових джерелах.

Сумарна частка алелів з частотою визначення понад 5 % перебуває в досить широких межах. Найчастіше «інформативні» алелі виявляються в якутської худоби, де 88,1 % від усього спектру припадає на 5 алелів. Найменша частка таких алелів припадає на калмицьку і ярославську худобу (відповідно, 34,1 та 47,5 %). У всіх інших порід частка переважаючих алелів — понад 50 % від загальної суми частот і перебуває в межах 60–75 %. Схожа картина спостерігається для узагальнених даних, наведених у *Таблиці 3*.

Більшість вивчених світових порід ВРХ характеризується високими (70–80 %) значеннями сумарних частот виявлення алелів, які мають $P > 5$ %.

Важливий показник, на основі якого оцінюють інформативність алелів BoLA-DRB3.2, — рівень їх поліморфізму. Показником генетичної варіабельності всередині популяції є середня очікувана гетерозиготність. Вона визначається за генними частотами (p_i) і менше залежить від факторів, пов'язаних з помилкою вибірки (*Формула 1*). Для будь-якого локусу очікувана гетерозиготність показує ймовірність того, що два алелі, випадковим чином вибрані у популяції, будуть відрізнятися один від одного.

$$H_e = 1 - \sum p_i^2 \quad (1)$$

Найвищий рівень поліморфізму (*Табл. 3*) характерний для голштинської худоби ($H_e = 0,975$), найменший — для якутської ($H_e = 0,744$). Обидві українські породи мають достатньо високий рівень поліморфізму. Значення очікуваної гетерозиготності для чорно-рябої породи $H_e = 0,939$, а для червоно-рябої — $H_e = 0,921$, що дозволяє використовувати локус як молекулярно-генетичний маркер.

Значний поліморфізм, що спостерігається на DRB3.2 локусі, може допомогти в ідентифікації поліпшених генотипів, асоційованих зі стійкістю до хвороб [12, 23]. Сьогодні методами ПЛР діагностується 54 алелі, що теоретично може дати близько 3 тис. генотипів. Порівняльний аналіз 8 розглянутих порід показує, що у ВРХ для гена BoLA-DRB3.2 реально відслідковується сумарно лише 10 % гетеро- і гомозигот від максимальної величини.

Висновки

Виявлено високий рівень поліморфізму екзона 2 гена BoLA-DRB3 у корів українських чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід за розподілом частот алелів та показником очікуваної гетерозиготності. Наявність високого рівня поліморфізму і генетичного різноманіття у досліджених нами порід, а також у більшості світових популяцій молочних корів ВРХ дає можливість вважати досліджений DRB3.2 локус інформативним молекулярно-генетичним маркером, який необхідно використовувати у спрямованій селекції для створення стад стійких до різних захворювань.

Перспективи подальших досліджень.

Отримані дані вказують на необхідність подальшого вивчення характеру розподілу поліморфних алелів і генотипів цього локусу з метою їх використання для вирішення широкого спектру селекційних завдань, зокрема для знаходження асоціативних взаємозв'язків у парах «алель–захворювання» та «генотип–захворювання». Необхідне розширення подібних досліджень в Україні як за чисельними показниками, так і за спектром порід ВРХ, локалізованих на території держави.

1. Udina I.G., Karamysheva E.E., Turkova S.O. The genetic mechanisms of resistance and susceptibility to leukemia Ayrshire and black-pied breeds of cattle, established on the basis of the distribution of alleles BoLA-DRB3. *Genetics*, 2003, vol.39, no. 3, pp.383–396 (in Russian).

2. Karamysheva E.E. Molecular genetic analysis of classes I and II major histocompatibility complex due to the resistance and susceptibility to hematological malignancies Ayrshire cattle breed.

PhD degree. biol. Sciences diss. Moscow, 1998. 191 p.(in Russian).

3. Kovalyuk N.V. Molecular genetic aspects in the early diagnosis of leukemia in cattle and breeding work. Dr. Biol. Sciences. diss. Dubrovitsy, Moscow Region, 2008. 174 p. (in Russian).

4. Ernst L.K., Sulimova G.E., Orlova A.R. Distribution of characteristics of antigens BoLA-A alleles and BoLA-DRB3 black-pied cattle in connection with the association with leukemia. *Genetics*, 1997. vol.33, pp.87–95 (in Russian).

5. Ruzina M.N. Analysis of gene polymorphism BOLA-DRB3 in connection with genetic bovine resistance to leukemia and virus infection. PhD degree. biol. Sciences diss. Moscow, 2012. 152 p. (in Russian).

6. Behl, J.D., N.K. Verma, R. Behl, M. Mukesh and S.P.S. Ahlawat. Characterization of genetic polymorphism of the bovine lymphocyte antigen DRB3.2 locus in kankrej cattle (*Bos indicus*). *J. Dairy Sci*, 2007, vol.90, no.6, pp.2997–3001.

7. Duangjinda M., Buayia D., Pattarajinda V., Phasuk Y., Katawatin S., Vongpralub T. and Chaiyotvittayakul A. Detection of bovine leukocyte antigen DRB3 alleles as candidate markers for clinical mastitis resistance in Holstein x Zebu. *Journal of Animal Science*, 2009, no.87 (2), pp.469–476.

8. Mohammadi A., Nassiry M.R., Mosafer J., Mohammadabadi M R, and Sulimova G.E. Distribution of BoLA-DRB3 allelic frequencies and identification of a new allele in the Iranian cattle breed Sistani (*Bos indicus*). *Russian Journal of Genetics*, 2009, vol.45, no.2, pp.224–229.

9. Pashmi M., Qanbari S., Ghorashi S.A., Salehi A. PCR based RFLP genotyping of bovine lymphocyte antigen DRB3.2 in Iranian Holstein population. *J. Biol. Sci*, 2007, vol.10, no.3, pp.383–387.

10. Ruzina M.N., Shtyfurko T.A., Mohammadabadi M.R., Gendzhieva O.B., Tsedev Tsendsuren, Sulimova G. E. Polymorphism of gene BoLA-DRB3 cattle Mongolian, Kalmyk and Yakut breeds. *Genetics*, 2010, vol.46, no. 4, pp.517–525 (in Russian).

11. Pashmi M., Ghorashi S.A., Salehi A.R., Moini M., Javanmard A., Qanbari S., Yadrangji-Aghdam S. Polymorphism of bovine lymphocyte antigen DRB3.2 alleles in Iranian native Sarabi cows. *Asian-Aust. J. Anim. Sci*, 2006, vol.19, no.6, pp.775–778.

12. Behl J.D., Verma N.K., Tyagi N., Mishra P., Behl R., Joshi B.K. The Major Histocompatibility Complex in Bovines. *Int. Scholarly Res. Network: ISRN Veterinary Science*, 2012, Article ID 872710. — 12 p.

13. Sharif S., Mallard B.A., Wilkie B.N. Associations of the bovine major histocompatibility complex DRB3 (BoLA-DRB3) alleles with occurrence of disease and milk somatic cell score in Canadian dairy cattle. *Anim. Genetic*, 1998, vol.29 (3), pp.185–193.

14. Kulberg S., Heringstad B., Guttersrud O.A, Olsaker I. Study on the association of BoLA-DRB3.2 alleles with clinical mastitis in Norwegian Red cows. *J. Anim. Breed. Genetic*, 2007, vol.124, pp.201–207.

15. Kelm S.C., Dettileux J.C., Freeman A.E., Kehrl M.E. Jr, Dietz A.B., Fox J.K., Butler J.E., Kascovics I., Kelley D.H. Genetic association between parameters of innate immunity and measures of mastitis in periparturient Holstein cattle. *J. Dairy Sci*, 1997, vol.80, pp.1767–1775.

16. Sulimova G.E., Zinchenko V.V. Analysis of DNA polymorphism using polymerase chain reaction: handbook for the workshop “DNA markers for genetic improvement and certification of animal genomes of economically valuable species”. Moscow, Tsifrovichok, 2011, 94 p. (In Russian)

17. Takeshima S., Nakai Y., Ohta M., Y. Aida Characterization of DRB3 alleles in the MHC of Japanese Shorthorn Cattle by polymerase chain reaction-sequence-based typing. *J. Dairy Sci*, 2002, vol.85, pp.1630–1632.

18. Gilliespie B.E., Jayarao B.M., Dowlen H.H., Oliver S.P. Analysis and frequency of bovine lymphocyte antigen DRB3.2 alleles in Jersey cows. *J. Dairy Sci*, 1999, vol.82. pp.2049–2053.

19. Efimenko M., Burkat V., Boiko V. Dairy Husbandry: Ukrainian black-pied dairy. Available at: <http://agroua.net/animals/catalog/ag-1/a-2/ab-80>. (in Ukrainian).

20. Zubets M.B., Kruglyak A.P. Ukrainian red-pied dairy breed: Methods output status, prospects of improvement. *Animal Breeding and Genetics*, 2010, no.44, pp.14–17. (in Ukrainian).

21. Novak N.B., Oblap R.V., Melnychuk M.D. Using molecular genetic markers to assess the genetic potential of Ukrainian black-pied breed of cattle. *Animal biology*, 2008, vol.10, no.1-2, pp.282–286. (in Ukrainian).

22. Rupp R. Boichard D. Genetics of resistance to mastitis in dairy cattle. *Veterinary Research*, 2003, vol.34, no.5, pp.671–688.

23. Maillard J.C., Chantal I., Berthier D., Thevenon S., Sidibe I., Razafindraibe H. Molecular immunogenetics in susceptibility to bovine dermatophilosis: a candidate gene approach and a concrete field application. *Ann. N.Y. Acad. Sci*, 2002, vol.969, pp.92–96.