

Источники

1. Алексеев М.Ю., Дмитриев В.Б., Ласков А.А., Леонова М.А. Динамика содержания кортизола в крови лошадей при мышечных нагрузках // Интенсификация коневодства: сб. науч. тр. ВНИИ коневодства, 1985. С.135-140.
2. Ашибоков Л.Х., Брейтшер И.Л., Карлсен Г.Г., Ласков А.А. [и др.]. Степень тренированности и работоспособность лошадей: метод. рекомендации. Нальчик, 1979. 96 с.
3. Белоусова Н.Ф., Басс С.П. Мониторинг лучших результатов испытаний рабочих качеств вятских лошадей в упряжи // Вестник Ижевской ГСХА. 2020. №. 2. С. 3-9.
4. Белоусова Н. Ф. Рабочие качества вятских лошадей и перспективы их использования // Коневодство и конный спорт. 2017. №. 3. С. 20-24.
5. Журавлева Ю.Д., Цыплакова Н.Б., Ясинская А.А. Анализ пригодности существующих методик для объективной оценки работоспособности и желательных рабочих качеств лошадей пользовательных пород // Коневодство и конный спорт. 2021. № 5. С. 34-36.
6. Журавлева Ю.Д. Особенности работы сердечно-сосудистой системы лошадей вятской породы при адаптации к мышечной работе // Иппология и ветеринария. 2021. № 1 (39). С. 11-17.
7. Журавлева Ю.Д. Реакция организма жеребцов вятской породы на скоростно-силовой тренинг // Научное обеспечение развития и повышения эффективности коневодства России и стран СНГ: сб. докладов междунар. науч. - практ. конференции. Дивово, 2021. С. 383-390.
8. Журавлева Ю.Д., Цыплакова Н.Б., Ясинская А.А. Характеристика особенностей телосложения лошадей, пригодных для использования в досуговом коневодстве // Современные проблемы зоотехнии: сб. тр. по материалам Международной науч.-практ. конференции, посвящ. 75-л. со дня рождения д-ра с.-х. наук, проф. Бакай А. В. (1946-2020). Москва, 2022. С. 53-56.
9. Зиновьева С.А., Козлов С.А., Маркин С.С. Оценка адаптации рысистых лошадей к тренировочным нагрузкам с использованием универсального кардиореспираторного показателя // Научное обеспечение развития и повышения эффективности племенного, спортивного и продуктивного коневодства в России и странах СНГ: сб. науч. тр. / ВНИИ коневодства. Дивово, 2014. С.91-95.
10. Карлсен Г.Г. [и др.]. Тренинг и испытание рысаков М.: Колос, 1978. С. 256.
11. Ласков А.А., Алексеев М.Ю., Валк Н.А., Леонова М.А. Опыт по интенсификации тренинга лошадей // Резервы повышения эффективности коневодства и коннозаводства: сб. науч. тр. / ВНИИ коневодства. Рыбное, 1987. С.113-118.
12. Ласков А.А. Подготовка лошадей к олимпийским видам конного спорта. ВНИИ коневодства, 1997. С. 241.
13. Правила проведения спортивных соревнований по спортивному туризму. Регламент проведения соревнований по группе дисциплин «дистанция – на средствах передвижения» (номер-код 0840141811Я). Вид программы: конные дистанции. М, 2017. 64 с.
14. Сергиенко, Г.Ф. Контроль за степенью тренированности лошадей // Новое в технологиях коневодства и коннозаводства: сб. науч. тр. ВНИИ коневодства, 1990. С.16-29.

Журавлева Юлия Дмитриевна, аспирант ФГБНУ «ВНИИ коневодства», тел. +7(965)3787188, vet.zebra@gmail.com

Цыплакова Наталья Борисовна, аспирант ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА им. К. И. Скрябина, тел. +7 (965)12197777, perfektworld@mail.ru

Ясинская Алина Андреевна, аспирант ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА им. К.И. Скрябина, тел. +7 (985)4626169, y.alina6261@gmail.com

УДК 636.1.082.2

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОГОЛОВЬЯ ГЕНОФОНДНОЙ ФЕРМЫ ПО ВЫРАЩИВАНИЮ МЕЗЕНСКИХ ЛОШАДЕЙ СПК РК «СЕВЕР»

CHARACTERISTICS OF THE GENETIC STRUCTURE OF THE LIVESTOCK OF THE GENE POOL FARM FOR THE CULTIVATION OF MEZEN HORSES OF THE SPK RK «SEVER»

Вдовина Н.В., Юрьева И.Б.

Аннотация

Мезенская порода лошадей имеет ограниченный генофонд. Основным местом разведения является Мезенский район Архангельской области, где функционируют одна генофондно-племенная ферма и ряд базовых хозяйств, в которых осуществляется селекционно-племенная работа с породой. Поголовье генофондной фермы СПК РК «Север» сформировано с использованием животных из разных населенных пунктов района с целью сохранения генетического разнообразия всей породы. В исследование взято все поголовье конефермы, имевшееся на 01.01.2022 г., в количестве 115 голов.



Генетическую структуру данной популяции изучали по микросателлитам ДНК. Установлено, что она обладает широким генетическим разнообразием. Общее число идентифицированных аллелей по 17 локусам ядерной ДНК составило 115. Число аллелей в локусах варьирует от 3 до 10, при среднем значении 6,76 аллеля на локус. Наиболее высокий уровень полиморфизма отмечен в локусе ASB17, включающем 15 аллелей, а также в локусе HTG10 с числом аллелей 10. В локусе LEX3, локализованном на X-хромосоме, определено 11 из 14 известных аллелей. Генетическая структура хозяйства включает в себя 79 типичных аллелей, частота встречаемости которых составляет более 5 %. Наиболее распространённые среди них: ASB23S (0,301), ANT5O (0,304) и N (0,327), ASB2K (0,314) и M (0,327), HTG10R (0,325), NMS2H (0,331), NMS6P (0,339), CA425N (0,375), HMS1J (0,411), LEX3M (0,442), ANT4O (0,444), NMS3M (0,461), HTG4M (0,464), HTG7O (0,589). Частота встречаемости редких в популяции аллелей варьирует от 0,012 до 0,049. В 3-х локусах выявлено 3 аллеля, которые определены лишь у единичных представителей хозяйства в гетерозиготном состоянии с частотой 0,006. Также в генотипе лошадей генофондной фермы обнаружено 3 приватных аллеля. Всего в 17 локусах микросателлитов у лошадей хозяйства выделено 274 генотипа, что составляет 16,12 генотипа на локус. Основная часть генотипов в хозяйстве (81,4 %) приходится на гетерозиготные варианты с частотой встречаемости от 60,0 % (HTG6) до 95,0 % (LEX3). За счёт высокого разнообразия генотипов средняя степень полиморфности поголовья рыбколхоза «Север» составляет 3,82. Отрицательное значение индекса фиксации (F_{IS}) указывает на наличие генетического баланса в хозяйстве и отсутствие внутрипопуляционного инбридинга ($F_{IS} = -0,017$), что, в свою очередь, говорит об эффективности селекционных мероприятий по сохранению и поддержанию генетического разнообразия, проводимых на генофондной ферме.

Ключевые слова: мезенская порода лошадей, генетическая структура, генофондная ферма, микросателлиты ДНК, аллель, гетерозиготность, полиморфность

Summary

The Mezen horse breed has a limited gene pool. The main breeding site is the Mezensky district of the Arkhangelsk region, where there is one gene-breeding farm and a number of basic farms in which breeding work with the breed is carried out. The livestock of the gene pool farm of the SEC RK «North» was formed using animals from different localities of the district in order to preserve the genetic diversity of the entire breed. The study took all the livestock of the horse farm, which was available on 01.01.2022, in the amount of 115 heads. The genetic structure of this population was studied by DNA microsatellites. It has been established that it has a wide genetic diversity. The total number of identified alleles for 17 nuclear DNA loci was 115. The number of alleles in the loci varies from 3 to 10, with an average value of 6.76 alleles per locus. The highest level of polymorphism was observed in the ASB17 locus, which includes 15 alleles, as well as in the HTG10 locus with the number of alleles 10. 11 out of 14 known alleles have been identified in the LEX3 locus localized on the X chromosome. The genetic structure of the farm includes 79 typical alleles, the frequency of occurrence of which is more than 5%. The most common among them are: ASB23S (0.301), ANT5O (0.304) and N (0.327), ASB2K (0.314) and M (0.327), HTG10R (0.325), NMS2H (0.331), NMS6P (0.339), CA425N (0.375), HMS1J (0.411), LEX3M (0.442), ANT4O (0.444), NMS3M (0.461), HTG4M (0.464), HTG7O (0.589). The frequency of occurrence of rare alleles in the population varies from 0.012 to 0.049. 3 alleles were identified in 3 loci, which were determined only in single representatives of the economy in a heterozygous state with a frequency of 0.006. Also, 3 private alleles were found in the genotype of horses of the gene pool farm. In total, 274 genotypes were isolated in 17 microsatellite loci in farm horses, which is 16.12 genotypes per locus. The main part of the genotypes in the farm (81.4%) are heterozygous variants with a frequency of occurrence from 60.0% (HTG6) to 95.0% (LEX3). Due to the high diversity of genotypes, the average degree of polymorphism of the livestock of the fish farm «North» is 3.82. A negative value of the fixation index (F_{IS}) indicates the presence of a genetic balance in the farm and the absence of intra-population inbreeding ($F_{IS} = -0.017$), which, in turn, indicates the effectiveness of breeding measures to preserve and maintain genetic diversity carried out on a gene pool farm.

Key words: Mezen horse breed, genetic structure, gene pool farm, DNA microsatellites, allele, heterozygosity, polymorphism

Введение. Одной из локальных пород лошадей России является мезенская. Исторической родиной и ареалом её распространения является Мезенский район Архангельской области. Выведенная народной селекцией, за период своего исторического формирования порода прекрасно адаптировалась к суровым природным условиям Крайнего Севера. Мезенская лошадь (мезенка) неприхотлива к условиям кормления и содержания, устойчива к заболеваниям, имеет хорошие нагульные качества и способность сохранять упитанность в течение зимы, обладает универсальной работоспособностью и умением ходить по глубокому снегу и вязкой почве. На современном этапе популяция мезенских лошадей имеет ограниченный генофонд, замкнута и малочисленна. Согласно классификации пород по степени риска, представленной в отчёте ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН) в 2015 г., она входит в категорию «критический статус» (при показателе количества самок менее 200 голов) [1].

Работа по восстановлению и сохранению генетического разнообразия мезенской лошади ведётся с 1993 года. С 1994 г. в районе действует генофондно-племенная ферма, основной целью которой является сохранение внутривидового разнообразия популяции. Производящий и маточный состав конефермы укомплектован представителями породы из различных населённых пунктов Мезенского района,

обладающих определённым генетическим спектром. Одним из этапов селекционной работы с породой является обмен племенным материалом между хозяйствами, выращивающими мезенок, и выявление новых генетических ресурсов породы.

В соответствии с Правилами в области племенного животноводства «Виды организаций, осуществляющих деятельность в области племенного животноводства», «генофондное хозяйство – организация по племенному животноводству, осуществляющая разведение и сохранение сельскохозяйственных животных малочисленных, исчезающих видов и пород, несущих определённые признаки и свойства, сформированные в результате длительного эволюционного развития, представляющие собой источник генетического материала для создания (выведения) новых пород и типов сельскохозяйственных животных и поддержания биоразнообразия животного мира» [2, стр. 8].

Сельскохозяйственный производственный кооператив «Рыбколхоз «Север» – это сельскохозяйственное предприятие, прошедшее государственную аттестацию на право заниматься деятельностью по разведению племенных животных (генофондное хозяйство по лошадям мезенской породы). Генофондно-племенная ферма СПК «Рыбколхоз «Север» была создана в 1994 году на основании постановления Главы администрации Архангельской области,

а в дальнейшем данный вид деятельности неоднократно подтверждался лицензиями, выданными Минсельхозом РФ (ПЖ-77-000720 № 915 от 17.08.98 г.; ПЖ-77-004851 № 1956 от 12.07.01 г.; ПЖ-77-002783 № 4023 от 28.04.04 г., ПЖ 77 № 000435 от 29.02.08 г., ПЖ 77 № 005438 от 26.04.13 г., ПЖ 77 № 008911 от 29.12.2018 г.).

В 2005 году СПК «Рыбколхоз «Север» был зарегистрирован хозяйством-оригинатором по разведению лошадей мезенской породы в Государственном реестре селекционных достижений (свидетельство № 32712/10015).

СПК «Рыбколхоз «Север» располагается на севере Мезенского района Архангельской области в зоне лесотундры Крайнего Севера. Центральная усадьба хозяйства находится в с. Долгощелье в устье реки Кулой в 48 км от районного центра (г. Мезень).

Природно-климатические условия хозяйства крайне неблагоприятные. Лето короткое и прохладное, зима длинная и холодная. Число дней в году со снежным покровом составляет 185-190. Годовая сумма осадков в среднем около 590 мм при 200-215 днях с осадками за год.

Основными направлениями хозяйства являются океаническое рыболовство, молочное скотоводство и племенное коневодство.

Одним из требований, предъявляемых к генофондовому хозяйству, является «обеспечение проведения генетической экспертизы всего взрослого поголовья с целью создания генетического паспорта породы, подтверждения и поддержания ее специфических качеств и свойств» [1, стр. 10]. И эти требования выполняются.

С 1994 года СПК РК «Север» регулярно проводит тестирование производящего состава на достоверность происхождения по полиморфным белкам и группам крови. С 2007 года начали тестирование методом ДНК-диагностики, а с 2017 года все поголовье лошадей хозяйства исследуется на достоверность происхождения по 17 локусам микросателлитной ДНК.

Цель исследований заключалась в изучении генетической структуры поголовья мезенских лошадей генофондно-племенной фермы СПК РК «Север».

Методика исследований. Материалом для исследований служили генетические сертификаты с результатами тестирования по 17 локусам микросателлитной ДНК лошадей мезенской породы. В обработку были взяты данные по животным, входящим в состав генофондной фермы на 01.01.2022 г. ($n = 115$). ДНК-тиปирование биологического материала (пробы волос с волосяными луковицами) мезенских лошадей проводили методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в лаборатории генетики ФГБНУ «ВНИИ коневодства» и в лаборатории молекулярно-генетической экспертизы ООО «Гордиз», в период с 2007 по 2022 гг. в соответствии с требованиями Международного общества по генетике животных (ISAG). Генетико-популяционный анализ проводили на основе «Метода оценки генетического разнообразия и степени генетического сходства лошадей местных и заводских пород» [3]. Были рассчитаны следующие показатели: частоты встречаемости аллелей и генотипов, уровень полиморфности (A_e), уровень ожидаемой (H_e) и наблюдаемой (H_o) гетерозиготности, индекс фиксации (Fis). Статистический анализ проводили на ПК PENTIUM-MMX-166 с использованием программного комплекса Excel 7.0.

Результаты исследований. Общее число идентифицированных аллелей по 17 локусам ядерной ДНК составило 115 (таблица 1). Число аллелей в локусах варьирует от 3 до 10, при среднем значении 6,76 аллеля на локус. Наиболее высокий уровень полиморфизма отмечен в локусе

ASB17, включающем 15 аллелей, а также в локусе HTG10 с числом аллелей 10. В локусе LEX3, локализованном на X-хромосоме, у мезенок определено 11 из 14 известных аллелей.

Табл. 1. Аллели STR-локусов, типированные у лошадей СПК РК «Север»

| Локус | Число аллелей в локусе | Аллели | |
|-------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | типичные ($p > 0,05$) | редкие ($p < 0,05$) |
| AHT4 | 6 | I, J, K, O | N |
| AHT5 | 9 | J, K, N, O | H, I, L, M, Q |
| ASB2 | 7 | K, M, N, O, Q | I, P |
| ASB17 | 9 | F, K, N, O, P, R | H, S, X* |
| ASB23 | 7 | I, K, S, U | J, L, M |
| CA425 | 6 | I, J, L, N | K, M |
| HMS1 | 6 | I, J, L, M, N | K |
| HMS2 | 7 | H, I, J, K, L, O | Y* |
| HMS3 | 6 | I, M, P, R | O, Q |
| HMS6 | 6 | K, L, M, N, O, P | - |
| HMS7 | 5 | L, M, N, | J, O |
| HTG4 | 5 | L, M, O | K, Q |
| HTG6 | 3 | I, J, O | - |
| HTG7 | 4 | K, N, O | M |
| HTG10 | 10 | I, K, M, O, R | L, N, Q, S, T |
| VHL20 | 9 | I, M, N, O, P, Q | J, R, S |
| LEX3 | 10 | F, H, K, M, N, O, P | I, L, S* |
| Итого | 115 | 79 | 36 |

Примечание: X * – приватные аллели

Широким спектром аллелей в популяции также обладают локусы AHT5 (8 идентифицированных аллелей из 11 известных), HMS1 (6 аллелей из 8), HMS2 (8 аллелей из 11), HMS6 (7 аллелей из 8), VHL20 (9 аллелей из 12). Наименьшее число аллелей выявлено в локусах HTG7 и HTG6 (по 4 аллеля), в то время как генетический спектр последнего представлен значительным аллельным разнообразием (13 аллелей).

Генетическая структура хозяйства включает в себя 79 типичных аллелей, частота встречаемости которых составляет более 5 %. Наиболее распространённые среди них: ASB23S (0,301), AHT5O (0,304) и N (0,327), ASB2K (0,314) и M (0,327), HTG10R (0,325), HMS2H (0,331), HMS6P (0,339), CA425N (0,375), HMS1J (0,411), LEX3M (0,442), AHT4O (0,444), HMS3M (0,461), HTG4M (0,464), HTG7O (0,589). Доминирующими аллелями локусов HTG6 и HMS7 являются аллели O и L, занимающие более 70 % в структуре локусов (0,738 и 0,792 соответственно).

Частота встречаемости редких в популяции аллелей в основном варьирует от 0,012 до 0,049. В 3-х локусах выявлено 3 аллеля, которые определены лишь у единичных представителей хозяйства в гетерозиготном состоянии с частотой 0,006. Также в генотипе лошадей генофондной фермы обнаружено 3 приватных аллеля (согласно аллельной номенклатуре микросателлитных локусов, определённой Комитетом по генетике лошадей Международного общества генетики животных (ISAG)). Данные аллели встречаются с малой частотой в локусах HMS2 (аллель Y с частотой 0,006), ASB17 (аллель X с частотой 0,012), LEX3 (аллель S с частотой 0,038).

Число аллелей, содержащихся в локусе, определяет разнообразие генотипов в нём. У животных хозяйства высоким генетическим разнообразием отличается многофак-



торный локус ASB17 (30 генотипов), а также локусы VHL20 и HTG10 (21 и 23 генотипа соответственно). Локусы HTG6 и HTG7, имеющие в своей структуре по 3 и 4 аллеля, обладают небольшой полиморфностью и включают в себя 5 и 7 генотипов соответственно. Всего в 17 локусах микросателлитов у лошадей хозяйства выделено 274 генотипа, что составляет 16,12 генотипа на локус. Основная часть генотипов в хозяйстве (81,4 %) приходится на гетерозиготные варианты с частотой встречаемости от 60,0 % (HTG6) до 95,0 % (LEX3). За счёт высокого разнообразия генотипов средняя степень полиморфности поголовья рыбколхоза «Север» составляет 3,82 с вариациями по локусам от 1,56 (HMS7) до 6,24 (ASB17).

Животные хозяйства обладают высокой степенью фактической гетерозиготности (0,730). Отрицательный баланс гетерозиготных генотипов отмечается по 4-м локусам (АНТ5, СА425, HMS3, HTG10), где присутствует высокая концентрация единичных аллелей (от 0,217 до 0,461).

В целом в хозяйстве преобладают гетерозиготные генотипы, о чём свидетельствует значение наблюдаемой гетерозиготности, превышающее показатель теоретически ожидаемой (таблица 2).

Это подтверждает и отрицательное значение индекса фиксации (*Fis*), указывающее на наличие генетического баланса в хозяйстве и отсутствие внутрипопуляционного инбридинга (*Fis* = -0,017), что, в

Табл. 2. Генетическая характеристика лошадей СПК РК «Север» по 17 микросателлитным маркерам ДНК

| Локус | Число эффективных аллелей на локус (Ae) | Наблюдаемая гетерозиготность (Ho) | Ожидаемая гетерозиготность (He) | Индекс фиксации (Fis) |
|---------|---|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| АНТ4 | 3,46 | 0,790 | 0,716 | -0,112 |
| АНТ5 | 3,95 | 0,726 | 0,747 | 0,028 |
| ASB2 | 4,11 | 0,808 | 0,757 | -0,070 |
| ASB17 | 6,24 | 0,817 | 0,740 | 0,027 |
| ASB23 | 4,54 | 0,833 | 0,780 | -0,070 |
| СА425 | 3,72 | 0,708 | 0,731 | 0,031 |
| HMS1 | 3,41 | 0,797 | 0,707 | -0,129 |
| HMS2 | 4,79 | 0,863 | 0,791 | -0,090 |
| HMS3 | 3,38 | 0,592 | 0,704 | 0,159 |
| HMS6 | 4,76 | 0,810 | 0,790 | -0,030 |
| HMS7 | 1,56 | 0,403 | 0,359 | -0,123 |
| HTG4 | 3,25 | 0,738 | 0,693 | -0,066 |
| HTG6 | 1,72 | 0,452 | 0,418 | -0,081 |
| HTG7 | 2,32 | 0,583 | 0,569 | -0,030 |
| HTG10 | 4,58 | 0,763 | 0,782 | 0,025 |
| VHL20 | 4,95 | 0,845 | 0,798 | -0,059 |
| LEX3 | 4,21 | 0,885 | 0,762 | -0,160 |
| Среднее | 3,82 | 0,730 | 0,718 | -0,017 |

свою очередь, говорит об эффективности селекционных мероприятий по сохранению и поддержанию генетического разнообразия, проводимых на генофондной ферме.

В настоящее время здесь имеются жеребцы и кобылы с редкими аллельными вариантами микросателлитной ДНК. Некоторые из них несут в своём генотипе от 2-х до 5-ти редких аллелей. Наиболее разнообразный генотип с большим количеством редких аллелей имеет кобыла Философия, 2006 года рождения. У неё в шести локусах присутствуют редкие для породы аллели: АНТ5Н, HTG10L, HTG7M, HMS3Q, ASB17F, LEX3F. Кстати сказать, в 2022 году Философия стала Абсолютным чемпионом XII Областных соревнований конников на лошадях мезенской породы в г. Мезень (рисунок 1).

Тиражирование редких аллелей и выявление новых генетических ресурсов в других хозяйствах района позволит не только сохранить, но и расширить генетическое разнообразие в целом в малочисленной популяции мезенских лошадей.

Заключение

Изучение генетической структуры мезенских лошадей генофондной фермы СПК РК «Север» показало, что данная микропопуляция имеет определённый генетический профиль по микросателлитам ДНК и обладает широким генетическим разнообразием, что является важным фактором при сохранении генофонда всей породы.



Коб Философия - Философия - Абсолютный чемпион XII соревнований (фото Натальи Спасской)

Источники

1. Scherf B.; Pilling D. The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture: FAO. Rome, 2015. 287 р.
2. Правила в области племенного животноводства «Виды организаций, осуществляющих деятельность в области племенного животноводства». М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 64 с.
3. Храброва Л.А., Зайцев А.М., Зайцева М.А. Метод оценки генетического разнообразия и степени генотипического сходства лошадей заводских и местных пород. Дивово, 2011. 25 с.

Вдовина Наталья Владиславовна, ст. науч. сотр. лаборатории животноводства
Юрьева Ирина Борисовна, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лаборатории животноводства
 Приморский филиал ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН – Архангельский НИИСХ, г. Архангельск