

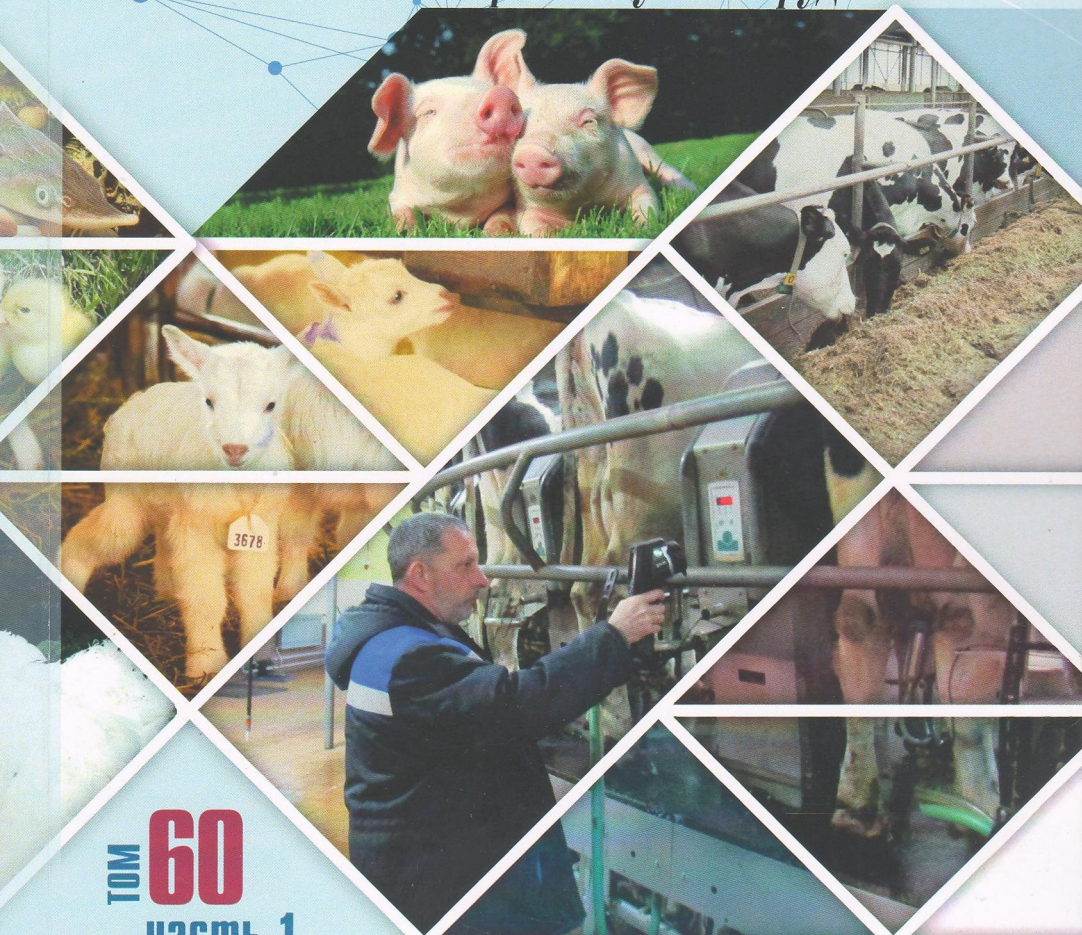


Республиканское унитарное предприятие
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ
ПО ЖИВОТНОВОДСТВУ»

ISSN 0134-9732

ЗООТЕХНИЧЕСКАЯ НАУКА БЕЛАРУСИ

сборник научных трудов



том **60**
часть 1

ISSN 0134-9732

Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр Национальной академии
наук Беларуси по животноводству»

ЗООТЕХНИЧЕСКАЯ НАУКА БЕЛАРУСИ

сборник научных трудов

Том 60, часть 1

Жодино
РУП «Научно-практический центр Национальной академии
наук Беларуси по животноводству»
2025

В сборнике представлены результаты экспериментальных исследований в области разведения и кормления сельскохозяйственных животных, проведённых учёными РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» и других научных и учебных организаций не только Беларуси, но и стран ближнего зарубежья. Издание предназначено для научных работников, преподавателей и студентов зоотехнических учреждений образования, руководителей и специалистов сельскохозяйственных организаций.

Редакционная коллегия:

И.П. Шейко – д-р с.-х. наук, проф., акад. НАН Беларуси (главный редактор), А.И. Портной – канд. с.-х. наук, доцент (заместитель главного редактора), М.В. Джумкова – канд. с.-х. наук (ответственный секретарь), М.В. Барановский – д-р с.-х. наук, проф., Ю.И. Герман – канд. с.-х. наук, доцент, Л.В. Голубец – д-р с.-х. наук, проф., И.Ф. Горлов – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН, И.Ф. Гридшоко – канд. с.-х. наук, доцент, И.Б. Измайлович – д-р с.-х. наук, доцент, Е.А. Капитонова – д-р биол. наук, доцент, М.М. Карпеня – д-р с.-х. наук, проф., А.И. Козинец – канд. с.-х. наук, доцент, А.С. Курак – д-р с.-х. наук, проф., А.А. Курепин – канд. с.-х. наук, доцент, В.О. Лемешевский – канд. с.-х. наук, доцент, А.Т. Мысик – д-р с.-х. наук, проф., Н.И. Песоцкий – канд. с.-х. наук, доцент, В.Л. Петухов – д-р биол. наук, проф., Н.В. Пилук – д-р с.-х. наук, доцент, В.Ф. Радчиков – д-р с.-х. наук, проф., В.А. Рошин – канд. с.-х. наук, доцент, М.И. Сложенкина – д-р с.-х. наук, проф., чл.-корр. РАН, Л.А. Танана – д-р с.-х. наук, проф., В.Н. Тимошенко – д-р с.-х. наук, проф., чл.-корр. НАН Беларуси, Д.Н. Ходосовский – д-р с.-х. наук, доцент, А.А. Хоченков – д-р с.-х. наук, проф.

Рецензенты:

Л.В. Голубец, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»);

М.М. Карпеня, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (УО «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины»);

А.В. Соляник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»)

А.И. ПОРТНОЙ, И.П. ШЕЙКО, В.Н. ТИМОШЕНКО,
Н.И. ПЕСОЦКИЙ, Ж.И. ШЕМЕТОВЕЦ, Т.А. ВОРОБЬЁВА,
В.Н. РОГАЧ, Ю.А. ПЕТРОВА, О.Н. ЦИДИК, Е.Н. ПЕСОЦКИЙ

КОНЦЕПЦИЯ СЕЛЕКЦИОННО-ПЛЕМЕННОЙ РАБОТЫ ПО СОЗДАНИЮ БЕЛОРУССКОЙ КРАСНОЙ МОЛОЧНОЙ ПОРОДЫ СКОТА

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

В Республике Беларусь для получения молочной и племенной продукции основной является голштинская порода молочного скота отечественной селекции, потенциал продуктивности которой находится на уровне 12-14 тыс. кг молока за лактацию. Однако опыт многих стран показывает, что в результате интенсивной селекции животных данной породы на увеличение молочной продуктивности значительно ухудшились воспроизводительные качества и здоровье. Этим и объясняется возросший интерес к использованию в производстве молока животных альтернативных конкурентоспособных пород, одной из которых является красная порода молочного скота. В ходе работы изучено современное состояние и оценены перспективы дальнейших работ по созданию белорусской красной молочной породы скота. Таким образом, в результате выполнения следующих этапов работ по созданию отечественной породы поголовье коров селекционных стад красного молочного скота в базовых хозяйствах в 2030 году составит 2800 голов с продуктивностью 7500 кг молока за лактацию, что позволит провести все необходимые мероприятия по её апробации.

Ключевые слова: красный молочный скот, быки-производители, молочная продуктивность.

A.I. PARTNY, I.P. SHEIKO, V.N. TIMOSHENKO, N.I. PESOTSKY,
Z.I. SHEMETOVETS, T.A. VOROBYEVA, V.N. ROGACH,
Y.A. PETROVA, O.N. TSIDIK, E.N. PESOTSKY

CONCEPT OF SELECTION AND BREEDING WORK ON THE CREATION OF BELARUSIAN RED DAIRY CATTLE BREED

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

In the Republic of Belarus, the main breed for dairy and pedigree production is Holstein dairy cattle of domestic selection, the productivity potential of which is at the level of 12-14 thousand kg of milk per lactation. However, the experience of many countries shows that as a result of intensive selection of animals of this breed to

increase milk productivity, reproductive performance and health have significantly deteriorated. This explains the increased interest in the use of alternative competitive breeds in milk production, one of which is the red breed of dairy cattle. In the course of the work we studied the current state and assessed the prospects for further work on the creation of the Belarusian red dairy cattle breed. Thus, as a result of the implementation of the following stages of work on the creation of the domestic breed, the number of cows of the red dairy cattle selection herds at the basic farms in 2030 will amount to 2800 heads with productivity of 7500 kg of milk per lactation, which will allow for all necessary activities on its approbation.

Key words: red dairy cattle, stud bulls, milk productivity.

Введение. В Республике Беларусь основной породой скота для получения молочной и племенной продукции является голштинская порода молочного скота отечественной селекции, выведенная и апробированная в 2020 году. На системной основе ведётся научная работа по совершенствованию её продуктивных качеств. Потенциал продуктивности данной породы коров находится на уровне 12-14 тыс. кг молока за лактацию. Более 80 % молока в республике получают от коров белорусской голштинской породы.

Опыт многих стран мира показывает, что в результате интенсивной селекции животных голштинской породы на увеличение молочной продуктивности значительно ухудшились воспроизводительные качества и здоровье. Этим и объясняется возросший интерес многих производителей молока к альтернативным конкурентоспособным молочным породам, обеспечивающим высокую рентабельность производства не только за счёт высокой продуктивности, но и более здоровых с продолжительным сроком продуктивного использования, меньшими ветеринарными затратами, лучшей конверсией корма и оптимальными параметров воспроизводства [1, 2, 3, 4].

В странах с развитым молочным скотоводством в настоящее время возрастает роль скота красных молочных пород в производстве высококачественного молока-сырья. Это обусловлено тем, что в племенной работе с популяциями скота данных пород наряду с молочной продуктивностью особое внимание всегда уделялось содержанию белка в молоке, показателям воспроизводства, здоровья и продуктивному долголетию [5].

Согласно данным совместных шведско-немецких исследований, установлено, что животные красных молочных пород имеют ниже продолжительность сервис-периода по сравнению со сверстницами голштинской породы на 17 дней. В норвежско-израильских совместных исследованиях отмечено, что животные красной норвежской породы демонстрируют меньшую заболеваемость в период лактации в сравнении с голштинской породой по таким патологиям, как кетоз (1,46 %),

метрит (1,78 %), хромота (2,07 %), задержка плаценты (1,41 %) и случаи аборт (1,13 %). В других исследованиях установлено, что животные красной норвежской породы превосходят сверстниц голштинской породы по воспроизводительным качествам [6, 7, 8]. В этой связи в настоящее время под эгидой НАН Беларуси в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» с использованием инновационных подходов в селекционном процессе ведётся работа по созданию красной породы молочного скота отечественной селекции. Учёными Центра и специалистами Белплемживобъединения разработана программа создания отечественной породы красного молочного скота и подготовлен план мероприятий по разведению животных этой породы на 2021-2025 годы. Планом предусматривается выполнение мероприятий по формированию генеалогической структуры стада, на основе которой будет осуществляться отбор и закрепление быков, определение ареала разведения красного скота с закреплением базовых хозяйств, обоснование целей и задач разведения и племенной работы для каждого из выделенных хозяйств, научное обоснование методов разведения и др.

Цель исследований – провести анализ показателей продуктивности животных, численности формируемых генеалогических групп создаваемой белорусской породы красного молочного скота и определить задачи её дальнейшего совершенствования.

Материал и методика исследований. Объектом исследований были животные разных половозрастных групп красного молочного скота: коровы, ремонтные тёлки и быки-производители.

Базовыми сельскохозяйственными предприятиями по созданию красной молочной породы отечественной селекции являются: ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита», РПУП «Устье» НАН Беларуси», РУП «Шипяны-АСК», УСП «Новый Двор-Агро» и КФХ «Старт ТС».

Для статистической обработки материала использована информация ИС «Племдело КРС».

Результаты исследований и их обсуждение. На первом этапе работы по созданию белорусской красной молочной породы в рамках выполнения задания «Разработать научно обоснованную систему разведения молочного скота на основе межпородного скрещивания, адаптированную к промышленной технологии» подпрограммы «Агропромкомплекс – эффективность и качество» государственной научно-технической программы «Агропромкомплекс-2020», 2016-2020 годы в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» завезена первая партия из 300 нетелей красной датской породы. На базе указанного предприятия сформировано племенное ядро создаваемой красной молочной породы в Беларуси, основной целью которого является поставка племенных быков для

госплемпредприятий республики.

За период с 2021 по 2025 гг. из ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» совместно с представителями хозяйства и РУСП «Минское племпредприятие» отобрано и поставлено на Оршанское племпредприятие 9 ремонтных бычков от матерей с продуктивностью за 305 дней лактации в переводе на базовую жирность (3,6 %) более 9000 кг молока. В настоящее время от поставленных бычков-производителей накоплено более 100 тыс. замороженной спермы.

На втором этапе работы по созданию белорусской красной молочной породы осуществлялись в рамках реализации мероприятий по запуску инновационного комплекса в РПУП «Устье» НАН Беларуси в период с ноября 2020 г. по ноябрь 2021 г.

Для комплектации указанного животноводческого объекта закуплено 1200 голов датских нетелей с использованием средств республиканского централизованного инновационного фонда в соответствии с принятым постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30 июля 2020 г. № 5/48254 «Об осуществлении государственной закупки» из одного источника с заключением контракта от 21 августа 2020 г. № 07/ВУ-2020».

В результате выполненных работ в РПУП «Устье» НАН Беларуси появилось излишнее поголовье ремонтных тёлочек, которые были реализованы в количестве 220 голов, в том числе: в РУП «Шипяны-АСК» Смолевичского района – 200 голов, в КФХ «Старт ТС» Оршанского района – 20 голов.

За последние два года усилиями учёных РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», руководителей и специалистов Белплемживобъединения и базовых предприятий в электронный Национальный реестр субъектов племенного животноводства включены ГП ЖодиноАгроПлемЭлита в качестве племенного завода и РПУП «Устье» НАН Беларуси в качестве племенного репродуктора по разведению красного молочного скота. В результате выполненных работ численность маточного поголовья красного молочного скота существенно увеличилась, таблица 1.

В базовых сельскохозяйственных базовых предприятиях Республики Беларусь по состоянию на 31 декабря 2024 г. общее маточное поголовье красного молочного скота увеличено за год на 341 голову и составило 3928 голов (+341), в том числе 2059 коров (+239) и 1869 тёлочек (+102).

Маточное поголовье красного молочного скота в Республике Беларусь в основном представлено предками скандинавского корня. Сегодня генеалогическая структура этого скота включает четыре основных планируемых генеалогических комплекса (таблица 2).

Таблица 1 – Информация о численности маточного поголовья красного молочного скота по состоянию на 31 декабря 2024 г.

Сельскохозяйственные предприятия	коров		телок		всего	
	гол	± к 2023 г.	гол	± к 2023 г.	гол	± к 2023 г.
ГП «ЖодиноАгро-ПлемЭлита	467	+32	359	-6	826	+26
РПУП «Устье» НАН Беларуси»	1248	+74	1057	+82	2305	+156
РУП «Шипяны-АСК»	114	+100	229	+4	343	+104
УСП «Новый Двор-Агро»	230	+33	204	+2	434	+35
КФХ «Старт ТС»	-	-	20	+20	20	+20
По всем предприятиям	2059	+239	1869	+102	3928	+341

Таблица 2 – Общая генеалогическая структура маточного поголовья красного молочного скота

Генеалогический комплекс	К-во отцов	Маточное поголовье, гол.	
		коровы	тёлки
I	44	616	462
II	33	401	139
III	37	590	496
IV	47	452	772
Всего	161	2059	1869

Современная популяция представлена маточным поголовьем из 2059 коров и 1869 ремонтных тёлков, полученных от 161 отца в разрезе четырёх генеалогических комплексов. Это позволит проводить успешную селекционно-племенную работу по созданию отечественной породы красного молочного скота с учётом совершенствования продуктивных качеств отбираемых животных.

Информация о средней молочной продуктивности коров красного молочного скота за 2024 год представлена в таблице 3.

Молочная продуктивность коров дойных стад во всех базовых хозяйствах из года в год повышается. Этому способствовало наряду с направленной селекцией по выявлению и отбору более высоко продуктивных животных и улучшение качества кормления за счёт балансировки рационов по основным питательным веществам. Дальнейшему повышению продуктивных качеств животных с целью реализации генетического потенциала будет уделяться постоянное внимание.

Дальнейший рост маточного поголовья в базовых сельскохозяйственных предприятиях будет осуществляться с учётом средней ежегодной браковки дойного стада 25 % и вводом первотёлок в стадо – 30 % (таблица 4).

Таблица 3 – Информация о средней молочной продуктивности коров красного молочного скота за 2024 год

Сельскохозяйственные предприятия	Удой		Жир		Белок	
	кг	± к 2023 г.	%	± к 2023 г.	%	± к 2023 г.
ГП «ЖодиноАгро-ПлемЭлита	8143	+207	4,90	+0,5	3,86	+0,08
РПУП «Устье» НАН Беларуси»	7110	+1782	4,60	+0,2	3,74	+0,01
РУП «Шипяны-АСК»	8001	-	4,88	-	3,85	-
УСП «Новый Двор-Агро»	6746	+172	4,34	+0,09	3,74	+0,35
В среднем по популяции	7353	-	4,67	-	3,80	-

Таблица 4 – Прогноз роста общего поголовья коров красного молочного скота в базовых хозяйствах в период с 2025 по 2030 гг.

Сельскохозяйственные предприятия	2025	2026	2027	2028	2029	2030
ГП «ЖодиноАгро-ПлемЭлита	456	460	460	460	460	460
РПУП «Устье» НАН Беларуси»	1290	1290	1290	1290	1290	1290
РУП «Шипяны-АСК»	175	180	380	580	680	780
УСП «Новый Двор-Агро»	248	250	250	250	250	250
КФХ «Старт ТС»	-	20	20	20	20	20
По всем предприятиям	2169	2200	2400	2600	2700	2800

Таким образом, в результате выполнения запланированных этапов работ по созданию отечественной породы поголовье коров красного молочного скота в базовых хозяйствах в 2030 году составит до 2800 голов с продуктивностью 7000 кг молока за лактацию.

Научное сопровождение мероприятий по созданию отечественной породы молочного скота в ближайшие годы будет направлено на создание в базовых хозяйствах высокопродуктивных селекционных стад красного молочного скота с поголовьем не менее 500 голов и средней молочной продуктивностью за 305 дней последней законченной лактации 8000 и выше кг молока с содержанием жира 4,60-4,80 % с целью дальнейшего формирования отечественных заводских линий.

Дальнейшие этапы работы по созданию белорусской породы красного молочного скота будут осуществляться в соответствии требованиями Решения Коллегии Евразийской экономической комиссии от 21 ноября 2023 г. № 159 «О внесении изменений в Порядок проведения апробации новых пород, типов, линий и кроссов сельскохозяйственных

животных в государствах-членах Евразийского экономического союза» [9].

В соответствии с Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии проводится оценка апробируемых новых пород, типов, линий и кроссов крупного рогатого скота (*Bos primigenius* Bojanus), направленная на определение их отличительных признаков, однородности, стабильности и устойчивости к болезням по определённому поголовью чистопородных животных (таблица 5).

Таблица 5 – Половозрастные группы, оцениваемые для апробации новой породы крупного рогатого скота

Половозрастная группа животных	Поголовье, требуемое для оценки, голов
Тёлки в возрасте 6 месяцев	50
Бычки в возрасте 6 месяцев	50
Телки в возрасте 12 месяцев	50
Бычки в возрасте 12 месяцев	50
Быки-производители в возрасте 24 месяцев и старше с запасом замороженной спермы	50
Коровы-первотёлки	50

На текущем этапе работ по созданию белорусской красной молочной породы в базовых сельскохозяйственных предприятиях имеется необходимое поголовье животных всех половозрастных групп за исключением быков-производителей в возрасте 24 месяцев и старше с запасом замороженной спермы (таблица 6).

Таблица 6 – Информация о быках-производителях красного молочного скота

№ п/п	Кличка быка-производителя	Номер быка-производителя	Племпредприятие	Запас спермы, доз
1	Бизнес	400308	Гродненское	755
2	Лориус	400835	-//-	1258
3	Бейлас	400823	-//-	2490
4	Лобстер	400805	-//-	2684
5	Амбро	201143	Витебское	10510
6	Авим	201144	-//-	35925
7	Халк	201145	-//-	11957
8	Вимар	201146	-//-	22219
9	Вимас	201147	-//-	23188
10	Вальд	201499	-//-	1179
11	Хаки	201500	-//-	3790

Таким образом, на племпредприятиях Республики Беларусь накоплен запас замороженной спермы от 11 быков-производителей. С учётом

требований по апробации пород крупного рогатого скота необходимо на госплемпредприятиях республики довести количество быков-производителей до 50 голов. Это означает, что к 2030 г. необходимо поставить на элеверы республики 39 ремонтных бычков, т. е. с учётом выбраковки 8-10 бычков в год.

В ближайшие годы для создания красной молочной породы отечественной селекции разработан комплекс мероприятий, включающий решение следующих задач:

- создать племенные сельскохозяйственные организации по разведению красного молочного скота;
- сформировать генеалогическую структуру красного молочного скота отечественной селекции;
- увеличить поголовье коров красного молочного скота в базовых сельскохозяйственных предприятиях к 2030 г до 2800 голов с удоем 7500 кг молока и выше;
- в племенных стадах с высоким генетическим потенциалом продуктивности выделить быкопроизводящее стадо численностью 100 голов с продуктивностью по наивысшей лактации 9000 кг молока;
- ежегодно отбирать 8-10 бычков для поставки на государственные племенные предприятия;
- использовать в популяции бычков с геномным индексом по молочной продуктивности не менее 110 единиц;
- оценить, отобрать и закрепить быков-производителей за маточным поголовьем базовых сельскохозяйственных предприятий по разведению красного молочного скота;
- сформировать референтную популяцию для геномной оценки красного молочного скота;
- создать белорусскую породу красного молочного скота к 2030 году.

Заключение. По состоянию на 31 декабря 2024 г. общее маточное поголовье красного молочного скота увеличено за год на 341 голову и составило 3928 голов, в том числе 2059 коров, со средней молочной продуктивностью за последнюю законченную лактацию 7353 кг молока с содержанием молочного жира 4,67 % и белка – 3,80 %.

На племпредприятиях Республики Беларусь накоплен запас замороженной спермы от 11 быков-производителей. С учётом требований по апробации пород крупного рогатого скота необходимо на госплемпредприятиях республики довести количество быков-производителей до 50 голов. Это значит, что до 2030 г. необходимо поставить на элеверы республики 39 ремонтных бычка, т. е. с учётом выбраковки 8-10 бычков в год. В результате выполнения следующих этапов работ по созданию отечественной породы поголовье коров селекционных стад красного молочного скота в базовых хозяйствах в 2030 году составит 2800 голов

с продуктивностью 7500 кг молока за лактацию, что позволит провести все необходимые мероприятия по апробации красной молочной породы крупного рогатого скота отечественной селекции.

Литература

1. Shonka-Martin, B. N. Three-breed rotational crossbreds of Montbéliarde, Viking Red, and Holstein compared with Holstein cows for feed efficiency, income over feed cost, and residual feed intake / B. N. Shonka-Martin, B. J. Heins, L. B. Hansen // J. Dairy Sci. – 2019. – Vol. 102(4). – P. 3661-3673. – DOI: 10.3168/jds.2018-15682.
2. Heins, B. J. Calving Difficulty and Stillbirths of Pure Holsteins versus Crossbreds of Holstein with Normande, Montbeliarde, and Scandinavian Red / B. J. Heins, L. B. Hansen, A. J. Seykora // J. Dairy Sci. – 2006. – Vol. 89(7). – P. 2805-2810. – DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72357-8.
3. Invited Review: Crossbreeding in Dairy Cattle: A Danish Perspective / M. K. Sørensen, E. Norberg, J. Pedersen, L. G. Christensen // J. Dairy Sci. – 2008. – Vol. 91(11). – P. 4116-4128. – DOI: 10.3168/jds.2008-1273
4. DairyCross: Crossbreeding - optimization across dairy breeds / Project director: J. R. Thomasen // Center for Quantitative Genetics and Genomics. – URL: <https://qgg.au.dk/en/research/projects/project-participation/dairycross-crossbreeding-optimization-across-dairy-breeds> (date of access: 12.12.2024).
5. Корректирующий подбор быков-производителей красных и красно-пестрых пород к маточному поголовью / И. Н. Коронец, Н. В. Климец, Ж. И. Шеметовец [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сб. науч. ст. по материалам XXI Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 18 мая 2018 г. : ветеринария, зоотехния / ГТАУ. – Гродно, 2018. – С. 157-159.
6. Comparison of performance and fitness traits in German Angler, Swedish Red and Swedish Polled with Holstein dairy cattle breeds under organic production / A. Bieber, A. Wallenbeck, N. A. Spengler [et al.] // Animal. – 2020. – Vol. 14(5). – P. 609-616. – DOI: 10.1017/S1751731119001964.
7. Rinell, E. The effects of crossbreeding with Norwegian Red dairy cattle on common postpartum diseases, fertility and body condition score / E. Rinell, B. Heringstad // Animal. – 2018. – Vol. 12(12). – P. 2619-2626. – DOI: 10.1017/S175173111800037X.
8. Comparison of Holstein-Friesian and Norwegian Red dairy cattle for estrus length and estrous signs / G. Sveberg, G. W. Rogers, J. Cooper [et al.] // J. Dairy Sci. – 2018. – Vol. 98(4). – P. 2450-2461. – DOI: 10.3168/jds.2014-8905.
9. Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 21 ноября 2023 г. № 159 «О внесении изменений в Порядок проведения апробации новых пород, типов, линий и кроссов сельскохозяйственных животных в государствах-членах Евразийского экономического союза» // Альфа Софт [сайт]. – URL: <https://www.alta.ru/tamdoc/23kr0159/> (дата обращения 18.02.2025).

Поступила 16.04.2025 г.

УДК 004:636.234.1:[082.2+034]

Р.В. БЕРЕЗОВИК¹, Н.М. ХРАМЧЕНКО^{1,2}

**ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ И РАЗРАБОТКА УРАВНЕНИЙ
СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ BLUP ДЛЯ ОЦЕНКИ
ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ ГОЛШТИНСКОГО СКОТА
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ ПО ПРИЗНАКАМ
МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ**

¹*Белплемживобъединение, г. Минск, Республика Беларусь*

²*Гродненский государственный аграрный университет,
г. Гродно, Республика Беларусь*

В статье представлены материалы научной работы, в результате которой разработана оптимальная статическая модель для оценки племенной ценности методом BLUP (AM) по признакам молочной продуктивности голштинского скота белорусской селекции. Проведён сравнительный анализ распределения признаков молочной продуктивности по грациям факторов среды, определена значимость их влияния на изменчивость признаков в популяции племенных животных. Данная модель будет использована для расчёта селекционно-генетических параметров (наследуемость, изменчивость (вариансы)) и племенной ценности признаков молочной продуктивности с применением методов BLUP и GBLUP для голштинского скота Республики Беларусь.

Ключевые слова: линейное моделирование, молочный скот, анализ вариантов, голштинская порода.

R.V. BIAROZAVIK¹, M.M. KHRAMCHANKA^{1,2}

**INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS AND
DEVELOPMENT OF EQUATIONS OF THE BLUP STATISTICAL
MODEL FOR ASSESSING THE BREEDING VALUE
OF HOLSTEIN CATTLE OF DOMESTIC SELECTION
FOR MILK PRODUCTIVITY TRAITS**

¹*Belplemzhivobedinenie, Minsk, Republic of Belarus*

²*Grodno State Agrarian University, Grodno, Republic of Belarus*

This paper contains the materials of scientific work, as a result of which an optimal statistical model for assessing the breeding value by BLUP (AM) method for milk productivity traits of Holstein cattle of Belarusian selection was developed. A

comparative analysis of the distribution of milk productivity traits by gradations of environmental factors was carried out, the significance of their influence on the variability of traits in the population of breeding animals was determined. This model will be used to calculate the selection and genetic parameters (heritability, variability (variances)) and breeding value of milk productivity traits using the BLUP and GBLUP methods for Holstein cattle in the Republic of Belarus.

Key words: linear modeling, dairy cattle, variance analysis, Holstein breed.

Введение. В настоящее время методической базой для оценки племенной ценности является решение евразийской экономической комиссии от 24.11.2020г. № 149 «Об утверждении методик оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в государствах-членах Евразийского экономического союза». Принципы, изложенные в методике оценки племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, заключаются в использовании для расчёта племенной ценности коров и быков метода BLUP (AM), применение которого включает следующие этапы:

- разработка оптимальных статистических моделей, значимо описывающих развитие селекционируемых признаков в оцениваемой популяции;

- расчёт селекционно-генетических параметров оцениваемой популяции по оптимальным статистическим моделям (наследуемость, изменчивость (вариансы));

- для разработки статистических моделей селекционируемых признаков в популяции используются модели смешанного типа;

- для выбора оптимальной статистической модели используются информационный критерий Акаике (AIC) и Байесовский информационный критерий (BIC) [1].

Разработка оптимальных статистических моделей и расчёт селекционно-генетических параметров необходимо проводить для конкретной популяции животных, в которой используется оценка [2, 3]. При определении модели необходимо знать структуру популяции и той внешней среды, в которой продуцирует животное. Для каждой популяции должна быть подобрана оптимальная модель. Модель, наилучшая для одной популяции, может быть не адекватной для другой. Основная проблема при использовании BLUP заключается в том, чтобы определить сколько и какие факторы должны быть включены в модель [4].

Цель работы – определить влияние факторов среды на изменчивость признаков молочной продуктивности голштинского скота и разработать оптимальное уравнение смешанной линейной модели BLUP для оценки племенной ценности.

Материал и методика исследований. На основании ранее проведённых исследований установлено, что для анализа значимости

факторов среды наиболее подходит выборка данных из племенных хозяйств, так как она имеет лучшие показатели нормальности распределения признаков молочной продуктивности, не ограничена объёмом вычислений, связанных с большим количеством градаций факторов, и менее подвержена влиянию несистемных факторов за счёт более высокой культуры зоотехнического и племенного учёта в племенных хозяйствах.

На основе информации ИС «Племдело КРС» сформирована выборка признаков молочной продуктивности (удой, кг; содержание жира и белка, %) коров за 305 дней первой лактации, удовлетворяющих условиям, описанным в зоотехнических правилах оценки селекционируемых признаков племенного животного, племенного стада, их расчёта и измерения из племенных хозяйств за последние 5 лет наблюдений в количестве 133 887 голов, которая является предметом наших исследований [5]. С целью очистки данных от выбросов мы ограничили значения признаков молочной продуктивности 25 и 75 процентиллями, отбрав данные, которые имеют $\pm 1,5$ межквартильного размаха.

Статистическая обработка, расчёт дисперсий и информационных критериев AIC и BIC, а также построение диаграмм размаха (box plot) осуществлены в среде статистического программирования R.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ базы данных ИС «Племдело-КРС» показал, что в настоящее время среди факторов среды, которые могут оказывать влияние на величину признаков молочной продуктивности, выделяются: год отёла – «ГОД_ОТЕЛА», год рождения «ДАТА_РОЖДЕНИЯ», хозяйство, в котором лактирует корова – «ХОЗЯЙСТВО», сезон отела – «СЕЗОН», возраст первого отёла – «ВОЗРАСТ_ОТЕЛА». Использование диаграмм размаха и медианных значений для характеристики средних значений по факторам обусловлено предыдущими исследованиями, в которых доказана нормальность распределения оцениваемых признаков в представленной выборке.

По диаграммам размаха, представленным на рисунках 1 и 2, можно отметить тенденцию к увеличению количества надоев молока и содержания белка у более молодых животных, что согласуется с тенденциями в селекции и ростом надоев в популяции, при этом по содержанию жира в молоке данная тенденция была не очевидна.

Из-за большого количества факторов (49 племенных хозяйств) графическое отображение диаграмм размаха, характеризующих разброс и распределение данных исследуемой популяции по фактору «ХОЗЯЙСТВО», затруднительно для восприятия. Градации данного фактора имели высокую вариабельность относительно среднего значения и, как следствие, высокую значимость при использовании в статистическом моделировании. Установлено, что различия в средних значениях удоя между племенными хозяйствами достигают 5000 литров молока, что

окажет серьёзное влияние на величину случайной неучтённой дисперсии и в последующем на коэффициент наследуемость, так как даже самые современные методы статистики не могут нивелировать изменчивость между факторами в три и более стандартных отклонения, часть этой изменчивости неминуемо попадет в случайную переменную.

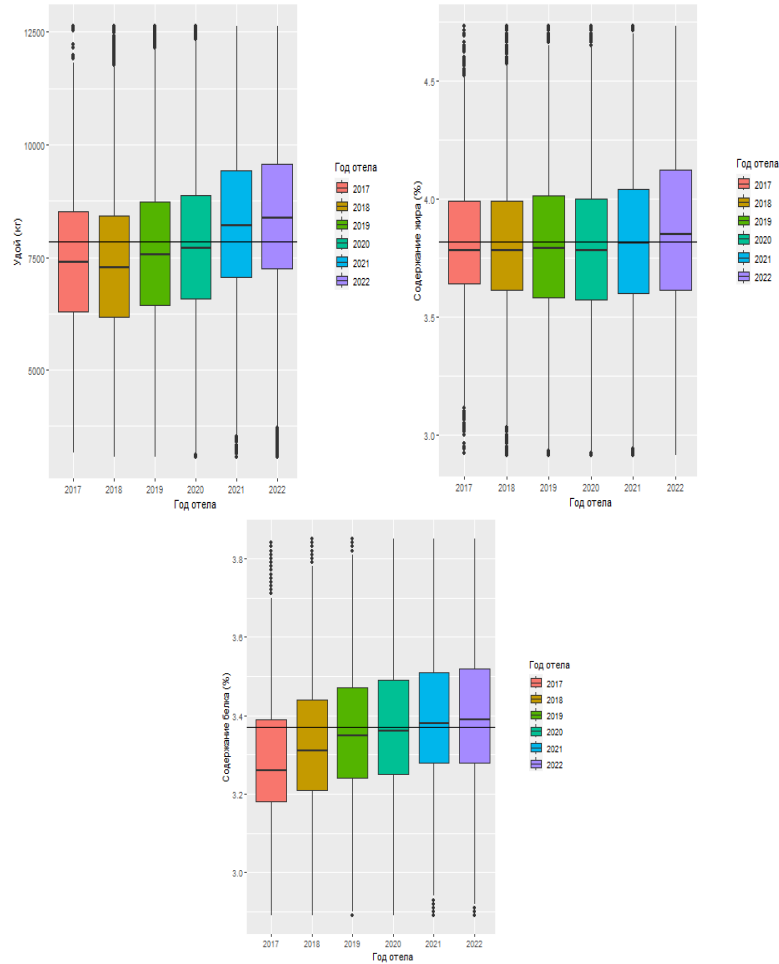


Рисунок 1 – Диаграммы размаха признаков молочной продуктивности по фактору «ГОД ОТЕЛА» (горизонтальная линия чёрного цвета – среднее значение в популяции)

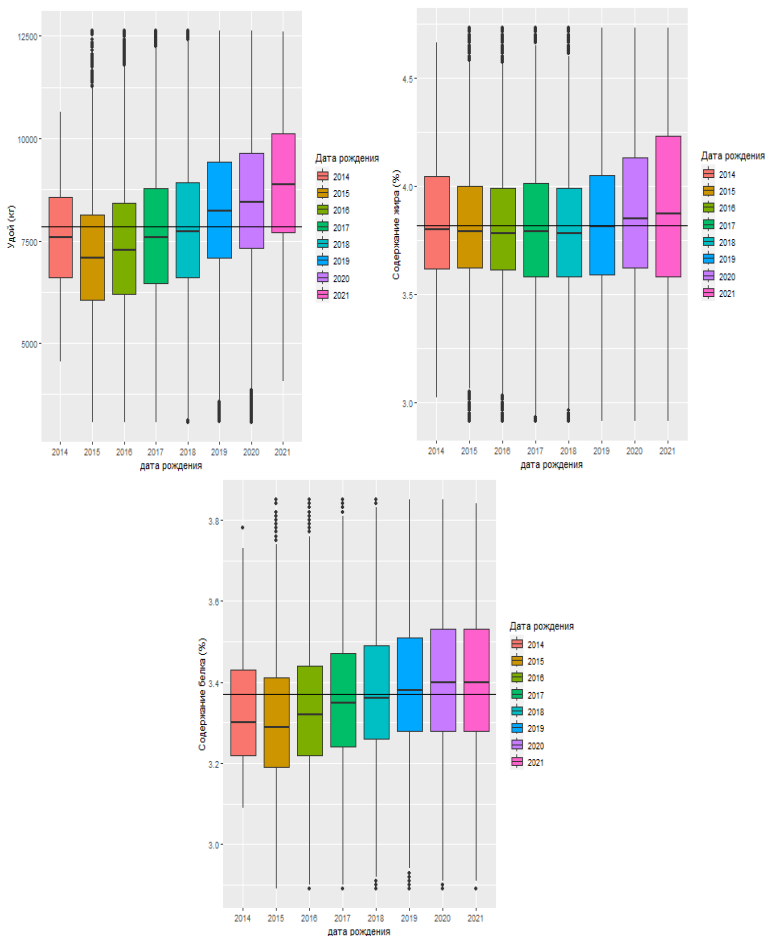


Рисунок 2 – Диаграммы размаха признаков молочной продуктивности по фактору «ДАТА_РОЖДЕНИЯ» (горизонтальная линия чёрного цвета – среднее значение в популяции)

Анализ диаграмм размаха признаков молочной продуктивности по фактору «СЕЗОН» (рисунок 3) не позволяет установить наличия значимых отличий между четырьмя градациями фактора. Для установления значимости различий средних значений градаций фактора будет использован дисперсионный анализ.

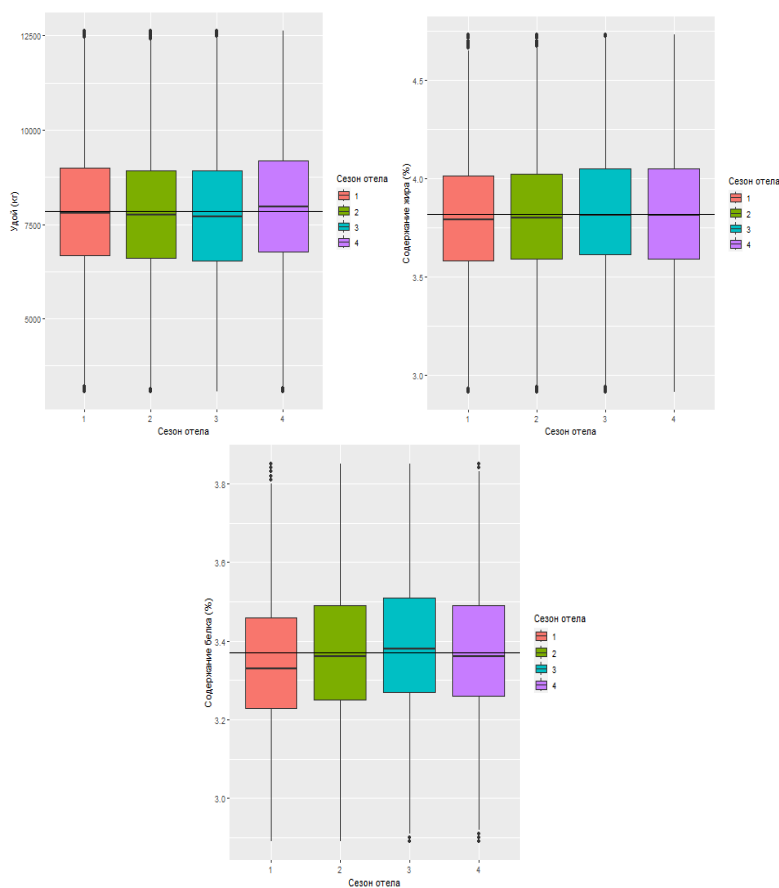


Рисунок 3 – Диаграммы размаха признаков молочной продуктивности по фактору «СЕЗОН» (горизонтальная линия чёрного цвета – среднее значение в популяции)

На основании анализа графиков размаха градаций фактора «ВОЗРАСТ_ОТЕЛА» (рисунок 4) установлено наличие значительных различий в средних уровнях удоя. Максимальные удои отмечены у животных, отелившихся в возрасте до 25 месяцев, что в первую очередь связано с тем, что данные животные выращены в оптимальных технологических условиях. По признаку содержания жира в молоке визуально значимых отличий не выявлено, в то время как более высокой белково-молочностью отличались животные, отелившиеся в более раннем возрасте.

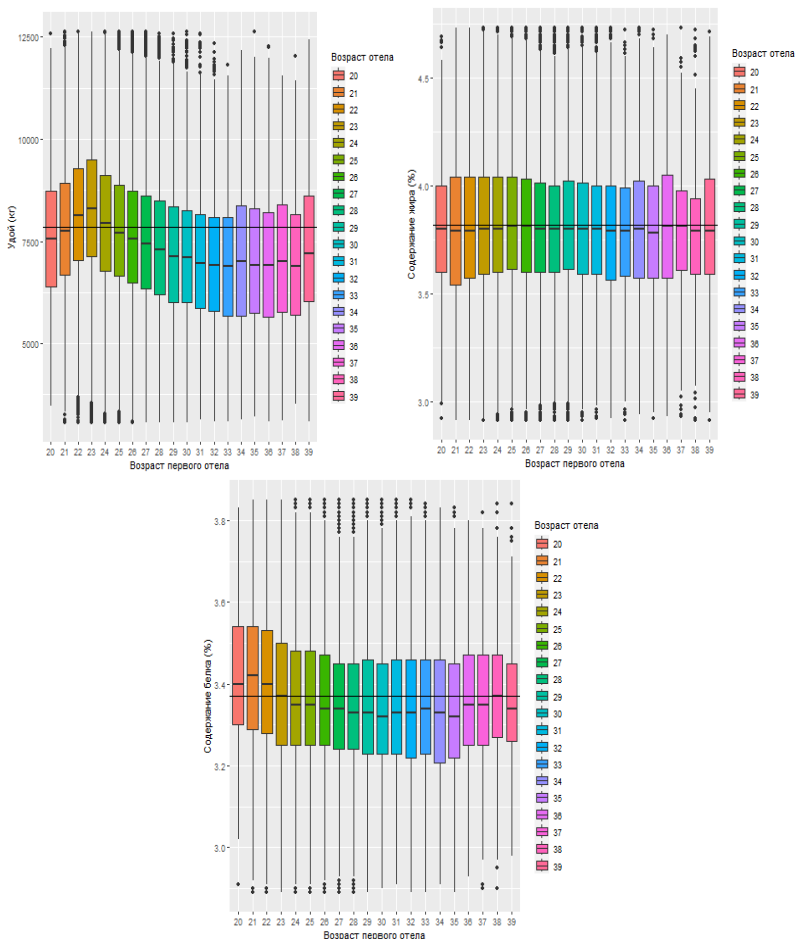


Рисунок 4 – Диаграммы размаха признаков молочной продуктивности по фактору «ВОЗРАСТ_ОТЕЛА» (горизонтальная линия чёрного цвета – среднее значение в популяции)

Последующее развитие моделей BLUP путём использования в оценке трёх и более лактаций делает использование даты рождения не перспективной на начальном этапе внедрения данного метода. Использование возраста первого отёла будет являться фактором, корректирующим популяцию по годам рождения, а в последующем фактор год рождения будет использован при формировании генетических групп оцениваемых животных.

На следующем этапе исследований факторов среды, влияющих на изменчивость признаков молочной продуктивности в популяции, был проведён дисперсионный анализ (ANOVA). Установлено, что все исследуемые факторы имели значимое влияние на изменчивость признаков молочной продуктивности. Другими словами, средние значения признаков по грациям факторов имели статистически значимые различия, уровень значимости составил менее 0,0001, включая комбинированный фактор «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН», который широко используется в моделях, использующих данные за 305 дней лактации, в отличие от модели тестового дня (test-day model) для признаков молочной продуктивности [6, 7].

Для определения оптимальной статистической модели, описывающей изменчивость селекционируемых признаков молочной продуктивности, сформировано восемь моделей кандидатов, включающих от двух до четырёх фиксированных факторов, включая комбинацию «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН». В качестве критерия выбора оптимальной модели использовались информационные критерии AIC и BIC, чем лучше модель, тем ниже показатели AIC и BIC.

На основании анализа информационных критериев можно заключить, что лучшей для признака удои является модель, включающая факторы «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН»+«ВОЗРАСТ_ОТЕЛА»; для признака содержание жира в молоке незначительно лучше была модель с одним фиксированным фактором «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН»; по признаку содержание белка в молоке модель «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН»+«ВОЗРАСТ_ОТЕЛА» была лучшей по AIC, а по BIC с одним комбинированным фактором – «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН».

Неоднозначность использования фактора «ВОЗРАСТ_ОТЕЛА» для оптимальной модели связана с тем, что согласно диаграммам размаха (рисунок 3), данный фактор имел по удою и содержанию белка очевидную зависимость от граций фактора, которую можно описать функцией, в то время как по содержанию жира в молоке заметной зависимости не прослеживалось. Следовательно, величины информационных критериев получили штраф за увеличение числа факторов в модели без снижения изменчивости.

В целом можно заключить, что близкой к оптимальной модели описывающий изменчивость признаков молочной продуктивности является модель, содержащая факторы «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН»+«ВОЗРАСТ_ОТЕЛА». Для снижения негативного влияния фактора «ВОЗРАСТ_ОТЕЛА» на увеличение остаточной изменчивости, при использовании в расчётах содержания жира, мы будем использовать регрессию на данный фактор.

Заключение. На основе дисперсионного анализа (ANOVA) установлены значимые различия факторов среды: хозяйство, в котором лактирует корова, год отёла, год рождения, сезон отёла, возраст первого отёла и их комбинаций на изменчивость признаков молочной продуктивности. Использование данных факторов и их комбинаций для определения оптимальной модели, описывающей изменчивость признаков молочной продуктивности в популяции голштинского скота, позволило разработать оптимальную статическую модель оценки племенной ценности методом BLUP:

$$Y_{klm} = HYS_k + AGEc_l + a_m + e_{klm};$$

где:

Y_{klm} – продуктивность m -ого животного, k -ого хозяйства-года_отела-сезона, l -ого возраста отела;

HYS_k – фактор «ХОЗЯЙСТВО×ГОД_ОТЕЛА×СЕЗОН» (фиксированный);

$AGEc_l$ – фактор «ВОЗРАСТ_ОТЕЛА» (регрессия);

a_m – эффект m -ого животного (рандомизированный);

e_{klm} – эффект неучтённых, случайных факторов (рандомизированный).

Данная модель будет использована для расчёта селекционно-генетических параметров (наследуемость, изменчивость (вариансы)) и племенной ценности признаков молочной продуктивности с применением методов BLUP и GBLUP для голштинского скота республики.

Литература

1. Решение евразийской экономической комиссии от 24.11.2020 г. № 149 «Об утверждении методик оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в государствах членах Евразийского экономического союза // ЕАС. Правовой портал. – URL: https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/ae3/Reshenie-Kollegii_-149-ot-24-poyabrya-2020-g._metodiki_.pdf (дата обращения 22.12.2024 г.).
2. Разработка и оптимизация уравнений смешанной модели BLUP для оценки племенной ценности быков-производителей голштинской чёрно-пёстрой породы Республики Казахстан / К. Ж. Жуманов, Т. Н. Карымсаков, М. А. Кинеев, А. Д. Баймуканов // Аграрная наука. – 2021. – Вып. 345(2). – С. 33–36.
3. Тимкина, Е. Ю. Эффективность метода BLUP при оценке быков по потомству в стадах холмогорской породы : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.01 / Е.Ю. Тимкина. – Киров, 2002. – 20 с.
4. Кузнецов, В. М. Оценка племенной ценности молочного скота методом BLUP [Электронный ресурс]. – URL: https://vm-kuznetsov.ru/files/etude/05_blup.pdf.
5. Зоотехнические правила оценки селекционируемых признаков племенного животного, племенного стада, их расчёта и измерения от 17.08.2022 г. № 84 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – URL: <https://mshp.gov.by/ru/zootehpravila-ru/view/zootechnicheskie-9751/> (дата обращения 12.01.2025 г.).
6. Estimation of Breeding Values for Milk Production Traits, Somatic Cell Score, Conformation, Productive Life and Reproduction Traits in German Dairy Cattle, Version: December 2024 // VIT. – URL: <https://www.vit.de/en/vit-for-animals/genetic-evaluation/breeding-values->

fuer-dairy-cattle (дата обращения 12.02.2025 г.).

7. Ocena wartości hodowlanej krów dla cech produkcyjnych i zawartości komórek somatycznych // CRS. – URL: <https://crs.izoo.krakow.pl/wiki/docs/ocena-konwencjonalna-2> (дата обращения 12.12.2024 г.).

Поступила 10.03.2025 г.

УДК 636.2.082.454:591.463.12

Л.В. ГОЛУБЕЦ, Ю.К. КИРИКОВИЧ, С.А. САПСАЛЁВ,
Е.В. НАУМЕНКО, Н.В. ЯНУТЬ, О.В. ПАЙТЕРОВА

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ГРАДИЕНТА ПЛОТНОСТИ «ПЕРКОЛЛ» НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТБОРА ЖИЗНЕСПОСОБНОЙ ФРАКЦИИ СПЕРМАТОЗОИДОВ ПРИ КАПАЦИТАЦИИ НЕСЕКСИРОВАННОЙ СПЕРМЫ БЫКОВ

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

Качество и количество живых сперматозоидов оказывают влияние не только на оплодотворение, но и на развитие эмбриона в целом. В этой связи процедура отбора и подготовки спермы к оплодотворению *in vitro*, направленная на улучшение её количественных и качественных характеристик, является неотъемлемой частью вспомогательных репродуктивных технологий. В статье представлены результаты исследований, целью которых явилось изучение влияния различных концентраций Перколл при приготовлении ступенчатого градиента плотности на выделение наиболее жизнеспособной фракции сперматозоидов при капацитации спермы быков. В процессе использования одно-, двух- и трёх-слойных колонок градиента плотности в различных концентрациях установлена эффективность однослойного 90 % Перколл по основным показателям двигательной активности сперматозоидов.

Ключевые слова: капацитация, Перколл, градиент плотности, подвижность, сперматозоиды, центрифугирование.

L.V. GOLUBETS, Y.K. KIRIKOVICH, S.A. SAPSALEV,
Ye.V. NAVUMENKA, N.V. YANUTS, O.V. PAYTEROVA

**EFFECT OF VARIOUS CONCENTRATIONS OF THE PERCOLL®
DENSITY GRADIENT ON THE EFFICIENCY OF SELECTION
OF VIABLE SPERM CELL FRACTION DURING CAPACITATION
OF UNSEXED BULL SEMEN**

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

The quality and quantity of viable sperm cells influence both fertilization and the overall development of the embryo. In this regard, the procedure of selection and preparation of sperm for *in vitro* fertilization, aimed at improving its quantitative and qualitative characteristics, is an integral part of assisted reproductive technologies. This paper contains the results of research aimed at studying the effect of various concentrations of Percoll in the preparation of a step density gradient on the isolation of the most viable sperm cell fraction during capacitation of bull semen. In the process of using single-, double- and triple-layer density gradient columns in various concentrations, the effectiveness of single-layer 90% Percoll was established for the main indicators of sperm motility.

Key words: capacitation, Percoll, density gradient, motility, sperm cells, centrifugation.

Введение. Качество и количество живых сперматозоидов существенно влияют на успех экстракорпорального оплодотворения. Несмотря на то, что через зону пеллюцида яйцеклетки проникает только один сперматозоид, рядом исследований установлено, что их концентрация оказывает значительное влияние на повышение скорости оплодотворения, а уровень фертильности – на увеличение количества морфологически полноценной спермы. Обычно при оплодотворении в культуре *in vitro* используемые дозы колеблются от 0,5 до 5,0 миллионов сперматозоидов на миллилитр среды, а соотношение сперматозоид/ооцит может составлять от 10 000 до 20 000:1 [1, 2, 3].

Конкуренция среди сперматозоидов оказывает влияние не только на оплодотворение, но и на развитие эмбриона в целом. Результаты отдельных исследований указывают на то, что низкое количество сперматозоидов (т. е. низкая конкуренция среди сперматозоидов) в месте слияния половых гамет способствует оплодотворению яйцеклетки менее компетентными сперматозоидами, которые в ряде случаев не могут завершить процесс оплодотворения, что приводит к гибели эмбриона. Снижение подвижности и качества сперматозоидов приводит к ранней эмбриональной гибели ещё до того, как мать распознает зародыш [4, 5]. Следовательно, процедура отбора и подготовки спермы к оплодотворению *in*

vitro, направленная на улучшение её количественных и качественных характеристик, является неотъемлемой частью вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ).

За последние годы проведены многочисленные сравнительные исследования по использованию различных методов подготовки спермы, по результатам которых было установлено, что центрифугирование в градиенте плотности Перколла наиболее эффективно при получении большего количества подвижных и морфологически полноценных сперматозоидов, обладающих высокой способностью проникать через зону пеллюцида [6, 7, 8].

Сущность метода подготовки спермы в градиенте Перколла заключается в том, что разделение сперматозоидов происходит в зависимости от их плотности. Морфологически нормальные и аномальные спермии имеют разную плотность. Так, зрелый морфологически жизнеспособный сперматозоид имеет плотность 1,10 г/мл, тогда как плотность незрелого и морфологически аномального сперматозоида колеблется в пределах от 1,06 до 1,09 г/мл, поэтому после центрифугирования каждый сперматозоид находится на уровне градиента, соответствующем его плотности. В результате лейкоциты, клеточный дебрис, а также морфологически аномальные сперматозоиды с плохой подвижностью задерживаются в плотных слоях градиента, а высокоподвижные, морфологически нормальные, жизнеспособные сперматозоиды проходят все слои градиента и образуют осадок на дне пробирки [9]. Тем не менее, по ряду вопросов, касающихся повышения эффективности использования Перколла, а в частности количества колонок (слоев) и концентрации градиента плотности, продолжают исследования и дискуссии [10, 11]. В этой связи **целью исследований** явилось изучение влияния различных концентраций Перколла при приготовлении ступенчатого градиента плотности на выделение наиболее жизнеспособной фракции сперматозоидов при капацитации спермы быков.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в лаборатории воспроизводства, трансплантации эмбрионов и трансгенеза животных РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». В опытах изучалась эффективность одно-, двух- и трёхслойных колонок Перколла с его разными концентрациями. Однослойная колонка градиента плотности состояла из 60 %, 70, 80 и 90 % Перколла, двухслойная – 30/60 %, 35/70 и 40/80 % и трёхслойная – 30/60/90 %, 35/70/90 и 40/80/90 %. В качестве контроля использовался двухслойный градиент 45/90 %. Перколл в концентрации 60 %, 70, 80 и 90 % приготавливался путём разбавления 100 % Перколла до нужной концентрации. Градиент плотности в концентрации 30 %, 35, 40 и 45 % – путём добавления к одной части базовых концентраций

Перколла (60 %, 70, 80 и 90 %) такой же части среды оплодотворения собственного изготовления с последующим перемешиванием. Формирование двух- и трёхслойных колонок градиента плотности проводилось путём наслоения Перколла меньшей концентрации на колонку большей концентрации. Объём однослойной колонки составлял 800 мкл, двухслойной – по 800 мкл и трёхслойной – по 600 мкл каждого разведения.

После приготовления колонок осуществлялось размораживание обычной спермы и её наслаивание на общий градиент Перколла. Сформированная колонка подвергалась центрифугированию в течение 10 мин при 300 g. Далее супернатант удалялся, а осадок в количестве 80-100 мкл разбавлялся средой для оплодотворения и снова подвергался центробежному ускорению в том же режиме. После повторного центрифугирования верхняя часть удалялась, а осадок суспендировался, разбавлялся средой оплодотворения с гепарином и снова центрифугировался. Затем надосадочная жидкость отбиралась, а осадок со спермой гомогенизировался и оценивался на двигательную активность с помощью оборудования SpermVision™ Professional по следующим показателям: доля подвижных сперматозоидов (П), %; доля спермиев с прямолинейно-поступательным движением (ППД), %; DCL – пройденное расстояние криволинейного движения, мкм; DAP – пройденное расстояние по средней траектории движения, мкм; DSL – пройденное расстояние прямолинейного движения, мкм; VCL – скорость при криволинейном движении, мкм/с; VAP – скорость продвижения головки сперматозоида по средней траектории движения, мкм/с; VSL – скорость прямолинейного движения головки спермия вдоль прямого отрезка между начальной и конечной точками траектории, мкм/с; LIN – степень линейности (VSL/VCL), %; STR – степень прямолинейного движения сперматозоидов (полезное перемещение) (VSL /VAP), %; WOB – степень отклонения (VAP/VCL) (величина, описывающая колебание реальной траектории относительно усредненной), %; BCF – частота колебательного движения (средняя частота, с которой реальная траектория сперматозоида пересекает усреднённую траекторию), колебаний/сек и ALN – среднее боковое отклонению головки (отклонение головки относительно средней траектории), %.

Результаты исследований и их обсуждение. В таблице 1 представлены результаты исследований влияния однослойных рабочих колонок плотности градиента разных концентраций Перколла на двигательные показатели жизнеспособной фракции сперматозоидов при капацитации заморожено-оттаянной несекированной спермы быков-производителей.

Таблица 1 – Эффективность применения однослойного градиента плотности разных концентраций

Показатели	Концентрация градиента плотности Перколла, %				
	контроль- ная группа	60	70	80	90
Доля подвижных сперматозоидов, %	45/90				
Доля спермиев с прямолинейным поступательным движением (ППД), %	34,4±3,79	21,3±1,81	36,1±3,55	36,8±2,35	45,9±2,98
Пройденное расстояние по средней траектории движения (DAP), мкм	23,4±3,70	2,0±0,83	15,2±2,09	18,1±2,61	33,9±3,44
Скорость продвижения по средней траектории движения, (VAP), мкм/с	27,9±3,23	7,9±1,98	23,0±2,75	27,6±2,80	39,7±2,34
Пройденное расстояние прямолинейного движения (DSL), мкм	62,6±7,26	18,9±4,79	49,3±5,84	68,2±7,56	88,3±5,81
Скорость прямолинейного движения (VSL), мкм/с	25,1±3,01	6,4±1,72	20,6±2,63	25,7±2,73	34,6±2,63
Пройденное расстояние криволинейного движения (DCL), мкм	56,4±6,79	15,5±4,18	44,4±5,61	64,1±7,55	77,4±6,52
Скорость при криволинейном движении (VCL), мкм/с	52,0±6,26	17,9±5,80	37,3±4,07	42,9±4,09	69,0±3,75
Степень линейность реальной траектории, (LIN), %;	115,4±13,75	40,4±12,44	79,5±8,59	103,0±9,86	153,2±8,83
Степень прямолинейного движения сперматозоидов (STR), %;	43,7±0,05	25,0±0,07	51,0±0,05	55,1±0,04	49,5±0,03
Степень колебание реальной траектории относительно усредненной (WOB), %	77,9±0,07	44,1±0,10	82,3±0,06	85,9±0,06	85,7±0,02
Частота колебательного движения, (BCF), колебаний/сек	48,7±0,05	31,1±0,08	57,1±0,05	59,1±0,04	57,3±0,02
Отклонение головки относительно средней траектории (ALH), мкм	27,64±3,13	17,32±4,12	31,80±3,21	36,87±3,30	31,30±1,87
	2,98±0,36	1,11±0,28	2,24±0,28	2,10±0,17	4,90±0,26

Анализ данных, представленных в таблице 1, показывает, что более эффективным оказалось использование Перколла в концентрации 90 %, что позволило увеличить долю подвижных сперматозоидов по сравнению с контролем на 11,5 п. п., в том числе долю клеток с прямо поступательным движением на 10,5 п. п. По отношению к другим концентрациям градиента плотности превосходство по данным показателям составило 24,6 % и 31,9 п. п. для 60 %, 9,8 и 18,7 п. п. – 70 %, 9,1 и 15,8 п. п. – 80 % колонок соответственно.

По показателям скорости (VSL) и пройденному расстоянию (DSL) прямолинейного движения более высокие показатели получены при максимальной концентрации Перколла 90 %, что на 21,0 мкм/сек и 9,5 мкм выше контрольной группы, а в сравнении с опытными группами диапазон превосходства составил от 13,3 мкм/сек и 8,9 мкм при использовании 80 % Перколла до 61,9 мкм/сек и 28,2 мкм при использовании 60 % колонки градиента плотности.

Аналогичные результаты получены при анализе скорости продвижения (VAP) и пройденного расстояния по средней траектории движения (DAP), которые при использовании 90 % градиента находились на уровне 88,3 мкм/сек и 39,7 мкм, что выше на 25,7 мкм/сек и 11,8 мкм контрольной группы, а по сравнению с колонками других концентраций различались на 69,4 мкм/сек и 31,8 мкм при использовании 60 %; 39,0 мкм/сек и 16,7 мкм – 70 %; 20,1 мкм/сек и 12,1 мкм – 80 % градиента. Степени линейности реальной траектории (LIN) и прямолинейного движения сперматозоидов (STR) оказались более высокими в группе с концентрациями Перколла 90 и 80 % – 49,5-55,1 % и 85,9-85,7 % соответственно, что на 5,8-11,4 и 7,8-8,0 п. п. выше по сравнению с контрольной группой.

Наиболее низкие показатели получены при использовании колонки градиента с концентрацией Перколла 60 % – 25,0 и 44,1 %, что ниже по сравнению с контролем на 18,7 и 33,8 п. п. Аналогичная тенденция наблюдалась и в отношении степени колебания реальной траектории относительно усредненной (WOB) и частоты колебательных движений (BCF). Увеличение относительно контрольной группы составило 8,6 п. п. и 3,7 колебаний/сек, а снижение показателей группы 60 % Перколлак контролю – 17,6 п. п. и 10,3 колебаний/сек, к опытным группам – 26,2-28,0 п. п. и 14,0-19,6 колебаний/сек соответственно.

В таблице 2 представлены результаты оценки эффективности использования двухслойных колонок градиента плотности Перколла разных концентраций и их влиянию на двигательную активность сперматозоидов.

Таблица 2 – Эффективность двухслойного Перколла разных концентраций

Показатели	Концентрация градиента плотности Перколла, %		
	контрольная группа	опытные группы	
	45/90	30/60	35/70
Доля подвижных сперматозоидов, %	34,4±3,79	23,7±3,44	28,1±2,05
Доля спермиев с прямолинейным поступательным движением (ППД), %	23,4±3,70	5,8±1,21	7,3±1,44
Пройденное расстояние по средней траектории движения (DAP), мкм	27,9±3,23	15,6±2,85	23,2±3,87
Скорость продвижения по средней траектории движения (VAP), мкм/с	62,6±7,26	33,1±5,97	52,2±8,84
Пройденное расстояние прямолинейного движения (DSL), мкм	25,1±3,01	13,4±2,76	20,5±3,57
Скорость прямолинейного движения (VSL), мкм/с	56,4±6,79	28,5±5,80±	46,5±8,20
Пройденное расстояние криволинейного движения (DCL), мкм	52,0±6,26	24,0±3,63	41,9±6,57
Скорость при криволинейном движении, (VCL), мкм/с	115,4±13,75	50,7±7,63	93,6±14,88
Степень линейности реальной траектории (LIN), %;	43,7±0,05	48,8±0,07	43,8±0,05
Степень прямолинейного движения сперматозоидов (STR), %;	77,9±0,07	72,1±0,07	76,9±0,07
Степень колебание реальной траектории относительно усредненной (WOB), %	48,7±0,05	57,7±0,07	49,4±0,05
Частота колебательного движения, (BCF), колебаний/сек	27,6±3,13	23,10±4,08	28,5±3,16
Отклонение головки относительно средней траектории (ALN), мкм	2,98±0,36	1,59±0,26	2,73±0,39
			2,25±0,66

По результатам изучения эффективности применения двухслойных колонок разной концентрации градиента Перколла выявлена положительная динамика по всем двигательным показателям в контрольной группе (45/90 %). Так, доля подвижных спермиев составила 34,4 % против 23,7 %, 28,1 и 23,6 % при использовании градиента плотности в концентрации 30/60 %, 35/70 и 40/80 % соответственно. Доля спермиев с поступательным движением в группе 45/90 % увеличивалась по сравнению с опытными группами на 17,6 (30/60 %), 16,1 (35/70 %) и на 13,3 (40/80 %) п. п. Пройденное расстояние и скорость прямолинейного движения в контрольной группе составила 25,1 мкм и 56,4 мкм/сек, что на 11,7 и 27,9 п. п., 4,6 и 9,9, 6,5 и 13,2 п. п. выше по сравнению с колонками градиента 30/60 %, 35/70 и 40/80 % соответственно. Скорость продвижения и пройденное расстояние по средней траектории движения составили 33,1 мкм/сек и 15,6 мкм в группе сперматозоидов, отобранных с использованием двухслойной колонки Перколла с концентрацией вещества 30/60 %, 52,2 мкм/сек и 23,2 мкм – 35/70 % и 51,3 мкм/сек и 22,4 мкм – 40/80 %, что на 29,5 и 12,3 п. п., 10,4 и 4,7, 11,3 и 5,5 п. п. ниже по сравнению с контрольной группой. Степень линейности реальной траектории и степень прямолинейного движения сперматозоидов оказались более низкими в группе сперматозоидов с концентрацией Перколла 40/80 % – 29,9 и 52,0 % соответственно, что на 13,8 и 25,9 п. п., 18,9 и 13,9 п. п., 20,1 и 24,9 п. п. ниже по сравнению с контрольной и опытными группами с концентрацией градиента плотности 30/60 и 35/70 % соответственно. Аналогичная тенденция наблюдалась по степени колебания реальной траектории относительно усреднённой, снижение которой в отличие от контрольной группы составило 13,1 п. п., а колонок 30/60 и 35/70 % – 22,1 и 13,8 п. п. соответственно.

Частота колебательных движений в контрольной и в группе с концентрацией градиента 35/70 % находилась практически на одном уровне – 27,6 и 28,5 колебаний/сек против 23,1 и 22,6 колебаний/сек при использовании концентраций 30/60 и 40/80 %.

В таблице 3 представлены результаты эффективности использования трёхслойных колонок градиента плотности Перколла разных концентраций на кинематические характеристики сперматозоидов. Анализ полученных данных свидетельствует, что среди опытных групп более высокие результаты по уровню подвижных и с ППД сперматозоидов получены с использованием трёхслойной колонки 40/80/90 %, что на 8,8 и 7,4 п. п. и 8,3 и 7,5 п. п. было выше по отношению к концентрациям Перколла 30/60/90 и 35/70/90 % и ниже на 4,6 и 9,0 п. п. к контролю соответственно.

Таблица 3 – Эффективность трёхлопастного Перколла разных концентраций

Показатели	Концентрация Перколла, %			
	контрольная группа	опытные группы		
	45/90	30/60/90	35/70/90	40/80/90
Доля подвижных сперматозоидов, %	34,4±3,79	21,0±3,44	21,5±2,24	29,8±2,15
Доля спермиев с прямолинейным поступательным движением (ППД), %	23,4±3,70	7,0±1,89	6,9±2,001	14,4±2,63
Пройденное расстояние по средней траектории движения (DAP), мкм	27,9±3,23	9,7±3,92	12,7±3,67	24,8±3,27
Скорость продвижения по средней траектории движения, (VAR), мкм/с	62,6±7,26	20,3±8,12	27,5±7,71	57,0±7,43
Пройденное расстояние прямолинейного движения (DSL), мкм	25,1±3,01	9,0±3,62	11,0±3,55	22,4±3,20
Скорость прямолинейного движения (VSL), мкм/с	56,4±6,79	18,7±7,49	23,8±7,42	51,8±7,32
Пройденное расстояние криволинейного движения (DCL), мкм	52,0±6,26	13,2±5,48	19,6±5,13	41,4±5,27
Скорость при криволинейном движении, (VCL), мкм/с	115,4±13,75	27,4±11,34	41,9±10,73	93,6±11,78
Степень линейности реальной траектории, LIN, %;	43,7±0,05	30,8±0,09	34,4±0,08	54,6±0,06
Степень прямолинейного движения сперматозоидов, STR, %;	77,9±0,07	39,8±0,11	51,3±0,10	83,9±0,06
Степень колебание реальной траектории относительно усредненной, WOB, %	48,7±0,05	33,6±0,10	40,6±0,08	60,3±0,06
Частота колебательного движения, (BCF), колебаний/сек	27,6±3,13	9,0±4,01	16,9±4,02	34,7±3,96
Отклонение головки относительно средней траектории (ALH), мкм	2,98±0,36	0,64±0,20	1,41±0,34	2,14±0,24

По показателям DSL и VSP более низкие результаты получены при использовании колонок плотности градиента с концентрацией 30/60/90 и 35/70/90 %, что на 13,4 и 11,4 п. п. и 33,1 и 28,0 п. п. ниже по сравнению с 40/80/90 % и на 16,1 и 14,1 п. п., 37,7 и 32,6 п. п. с контрольной группой соответственно. DAP и VAP были выше в контрольной группе на 18,2 мкм и 42,3 мкм/сек (30/60/90 %), на 15,2 мкм и 35,1 мкм/сек (35/70/90 %) и на 3,1 мкм и 5,6 мкм/сек (40/80/90 %). Анализ результатов исследований по LIN и STR указывает на превосходство трехслойного градиента с концентрацией Перколла 40/80/90 % по отношению к группам 30/60/90 %, 35/70/90 и 45/90 %, которое составило 23,8 и 20,2 п. п., 44,1 и 32,6 п. п. и 10,9 и 6,0 п. п. соответственно. Показатели WOB и BCF в группе с концентрацией колонок Перколла 40/80/90 % были выше на 11,6 и 7,6 п. п., 26,7 и 25,7 п. п. и 19,7 и 17,8 п. п. по отношению к трёхслойным колонкам в опыте 30/60/90 и 35/70/90 % и двухслойной в контроле соответственно.

Заключение. Сравнительная характеристика двигательной активности сперматозоидов по результатам изучения эффективности применения одно-, двух- и трёхслойных колонок градиента плотности в различных концентрациях выявила превосходство однослойного 90 % Перколла по всем показателям. Так, по доле подвижных сперматозоидов превышение над контрольной группой составило 24,6 п. п., в том числе по доле клеток с поступательным движением на 10,5 п. п., по пройденным расстояниям по средней траектории (DAP) и прямолинейного движения (DSL) на 11,8 и 9,5 мкм, а также скоростям продвижения по средней траектории (VAP) и прямолинейного движения (VSL) на 25,7 и 21,0 мкм/с соответственно. По отношению к двух- и трёхслойным колонкам это превышение колебалось в пределах: по доле подвижных спермиев от 16,1 (40/80/90 %) до 24,9 п. п. (30/60/90 %), в том числе по доле клеток с прямолинейно-поступательным движением – от 19,5 (40/80/90 %) до 28,1 п. п. (30/60 %), по скоростям прямолинейного движения и средней траектории – от 25,6 (40/80/90 %) до 58,7 мкм/с (30/60/90 %) и от 31,3 (40/80/90 %) до 68 мкм/с (30/60/90 %), по пройденным расстояниям прямолинейного движения и по средней траектории движения – от 12,2 (40/80/90 %) до 25,6 мкм (30/60/90 %) соответственно.

Литература

1. Normal development following in vitro fertilization in the cow / B. G. Bracket, D. Bousquet, M. L. Boice [et. al.] // *Biology of Reproduction*. – 1982. – Vol. 27(1). – P. 147-158. – DOI: 10.1095/biolreprod27.1.147.
2. Pregnancy established in cattle by transfer of embryos derived in vitro from in vitro fertilization of follicular oocytes matured in vitro / K. H. Lu, I. Gordon, M. Gallagher, H. McGovern // *Veterinary Record*. – 1987. – Vol. 121(11). – P. 159-260. – DOI: 10.1136/vr.121.11.259.
3. Bovine in vitro fertilization with frozen thawed semen / J. J. Parrish, J. L. Susko-Parrish, M. L. Leibfried-Rutledge [et al.] // *Theriogenology*. – 1986. – Vol. 25(4). – P. 591-600. –

DOI: 10.1016/0093-691x(86)90143-3.

4. Barth, A. D. The relationship between sperm abnormalities and fertility / A. D. Barth // Proceedings of the 14th Technical Conference on Artificial Insemination and Reproduction National Association of Animal Breeders, Milwaukee, 1992. – P. 47-63.

5. Dejamette, J. M. Accessory sperm: their importance to fertility and embryonic quality, an attempt to alter their numbers in artificially inseminated cattle / J. M. Dejamette, R. G. Saacke, J. Bame, C. J. Vogler // Journal of Animal Science. – 1992. – Vol. 70(2). – P. 484-491. – DOI: 10.2527/1992.702484x.

6. Iodixanol density gradient centrifugation for selecting stallion sperm for cold storage and cryopreservation / G. Stuhmann, H. Oldenhof, P. Peters [et.al.] // Anim. Reprod. Sci. – 2012. – Vol. 133(3-4). – P. 184–90. – DOI: 10.1016/j.anireprosci.2012.06.017.

7. Effect of Density-Gradient Sperm Separation Technique on In Vitro Fertilization Potential of Water Buffalo Semen with Low Post-Thaw Motilities / D. Hufana-Duran, P. G. Duran, Y. Kanai [et.al.] // Philippine Agricultural Scientist. – 2005. – Vol. 88(4). – P. 476-483.

8. Morrell, J. M. Update on semen technologies for animal breeding / J. M. Morrell // Reprod. Domest. Anim. – 2006. – Vol. 41(1). – P. 63–7. – DOI: 0.1111/j.1439-0531.2006.00621.x.

9. Morrell, J. M. Biometric techniques for improving sperm quality in animal breeding: a review / J. M. Morrell, H. Rodriguez-Martinez // The Open Andrology J. – 2009. – Vol. 1. – P. 1–9.

10. Single and double layer centrifugation improve the quality of cryopreserved bovine sperm from poor quality ejaculates / A. Gloria, A. Carluccio, L. Wegher [et.al.] // Journal of Animal Science and Biotechnology. – 2016. – Vol. 7. – P. 30. – DOI: 10.1186/s40104-016-0088-6

11. Single- and two-layer gradient centrifugation in sperm separation: comparison and appraisal / QZ Zhou, CQ Feng, YG Zou [et. al.] // Zhonghua Nan KeXue. – 2010. – Vol. 16(3). – P. 217-219.

Поступила 17.03.2025 г.

УДК 636.4-047.44:577.213.7

М.А. КОВАЛЬЧУК, В.П. СИМОНЕНКО, А.И. ГАНДЖА,
Н.В. ЖУРИНА, Л.Л. ЛЕТКЕВИЧ

ДНК-ТЕСТИРОВАНИЕ СВИНЕЙ ПО ГЕНАМ PRLR И FSHB МЕТОДОМ ПЦР-ПДРФ

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

Внедрение эффективных селекционно-генетических и биологических методов в селекционный процесс способствует совершенствованию отечественных пород и линий свиней. Использование ДНК-маркеров является перспективным методом для изучения признаков, имеющих низкую наследуемость и проявления, ограниченные полом. В статье представлены результаты исследований, в которых изучалась генетическая информация генов: пролактинового рецептора (PRLR), фолликулостимулирующего гормона (FSHB) с целью установления предпочтительных для селекции генотипов детерминирующих репродуктивные

качества свиней различных пород, разводимых в племенных предприятиях Беларуси, и их использования в селекционно-племенной работе. Проведено генотипирование свиней по изучаемым генам методом ПЦР-ПДРФ. Было установлено, что полиморфизм генов PRLR, FSHB наблюдался у всех племенных животных, принадлежащих к пяти породам.

Ключевые слова: генотипирование, свиньи, ДНК-маркеры, породы, селекционно-гибридные центры, полиморфизм, хряки-производители, ремонтные хрячки, генотипы, концентрация, частота, аллель, генетическая структура, селекция, продуктивные признаки.

M.A. KOVALCHUK, V.P. SIMONENKO, A.I. GANDZHA,
N.V. ZHURINA, L.L. LETKEVICH

DNA TESTING OF PIGS FOR PRLR AND FSHB GENES BY PCR-RFLP METHOD

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

Implementation of effective selection-genetic and biological methods in the selection process contributes to the improvement of native breeds and lines of pigs. The use of DNA markers is a promising method for studying traits that have low heritability and sex-limited manifestations. This paper contains the results of research in which the genetic information of prolactin receptor (PRLR), follicle-stimulating hormone (FSHB) genes was studied in order to establish genotypes preferred for selection, determining the reproductive traits of pigs of various breeds bred at breeding enterprises of the Republic of Belarus, and their use in selection and breeding work. Genotyping of pigs for the studied genes was carried out using the PCR-RFLP method. Polymorphism of PRLR, FSNB genes was observed in all breeding animals belonging to five breeds.

Key words: genotyping, pigs, DNA markers, breeds, selection and hybrid centers, polymorphism, stud boars, replacement boars, genotypes, concentration, frequency, allele, genetic structure, selection, productivity traits.

Введение. Современное свиноводство, как в нашей республике, так и за рубежом, развивается и совершенствуется на основе достижений науки и техники. Новые открытия в молекулярной генетике позволяют выделять и изучать специальные участки генома, которые влияют на важные продуктивные признаки (воспроизводительные, откормочные, мясные). Использование ДНК-маркеров является перспективным методом для признаков, имеющих низкую наследуемость и проявления, ограниченные полом, таких как репродуктивные признаки. Внедрение эффективных селекционно-генетических и биологических методов в селекционный процесс способствует совершенствованию отечественных пород и линий свиней.

Исследования, направленные на изучение генетических маркеров детерминирующих продуктивные признаки свиней, требуют дифференцированного подхода и зависят от породной принадлежности, генетической структуры популяций и конкретной селекционной задачи. Важным критерием увеличения производства мяса и эффективности селекции свиней является повышение продуктивности свиноматок, а также оплодотворяющей способности хряков-производителей. В нашей республике потребность селекционной практики в эффективном использовании ДНК-маркирования животных возрастает с каждым годом, что обуславливает актуальность научных исследований в данной области. Результаты зарубежных исследований свидетельствуют, что использование ДНК-маркеров в селекции позволяет повысить продуктивные качества животных до 20 % [1, 2].

В селекции всё ещё недостаточно используются результаты молекулярно-генетического анализа, часть племенных животных остаётся не исследованной. В настоящее время известен ряд генов-маркеров, ассоциированных с воспроизводительными качествами, которые применяются в селекции свиней: ген эстрогенового рецептора (ESR), ген пролактинового рецептора (PRLR), ген фолликулостимулирующего гормона (FSHB), ген лейкемия-ингибирующего фактора (LIF), ген белка связывающего ретинол (RBP4), ген коактиватора 1 ядерных рецепторов (NCOA1) и т. д. Влияние данных генов на признаки воспроизводства (размер гнезда, многоплодие, молочность, количество живых поросят при отъеме, качественные показатели спермопродукции и др.) подтверждено зарубежными исследователями [3, 4, 5].

В нашей научно-исследовательской работе изучалась генетическая информация генов: пролактинового рецептора (PRLR), фолликулостимулирующего гормона (FSHB) с целью установления предпочтительных для селекции генотипов детерминирующих репродуктивных качества свиней различных пород, разводимых в Беларуси, и их использования в селекционно-племенной работе.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». Базовыми хозяйствами были: ОАО «СГЦ «Заднепровский» Витебской, ОАО «СГЦ «Западный» Брестской, ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской, УП «Полесье-Агроинвест» Гомельской, ОАО «Племзавод «Тимоново» Могилёвской областей. Объектом исследования для проведения генетического тестирования по генам PRLR и FSHB являлись свиньи пород: белорусской крупной белой (БКБ), белорусской мясной (БМ), ландрас (Л), дюрок (Д), йоркшир (Й).

Препараты ДНК экстрагировались перхлоратным методом из образцов эпителиальной ткани свиней [7, 8] и набором реагентов «Нуклеосорб С» («Праймтех», Беларусь). Концентрация и степень чистоты препаратов ДНК определялись с использованием спектрофотометра GeneQuant 1300 (Healthcare). Оценка полиморфизма изучаемых генов PRLR и FSHB проводилась методом ПЦР-ПДРФ (полимеразная цепная реакция-полиморфизм длин рестрикционных фрагментов).

Для ПЦР гена PRLR использовали праймеры следующих последовательностей:

PRLR F: 5' - CGTGGCTCCGTTTGAAGAACC - 3',

PRLR R: 5' - CTGAAAGGAGTGCATAAAGCC - 3'.

ПЦР амплификации проводили по программе: «горячий старт» – 94 °C – 2 мин.; 35 циклов: денатурация – 94 °C – 30 сек., отжиг – 59 °C – 1 мин., синтез – 72 °C – 30 сек., достройка – 72 °C – 5 мин.

Для ПЦР гена FSHB использовали праймеры следующих последовательностей:

FSHB F: 5' - AGTTCTGAAATGATTTTTTCGGG - 3',

FSHB R: 5' - TTTGCCATTGACTGTCTTAAAGG - 3'.

ПЦР амплификации проводили по программе: «горячий старт» – 94 °C – 2 мин.; 35 циклов: денатурация – 95 °C – 30 сек., отжиг – 56 °C – 30 сек., синтез – 72 °C – 30 сек., достройка – 72 °C – 5 мин.

ПЦР проводилась в термоциклерах «Sure Cyclер 8800» и «MJ Mini» («Bio-Rad», США).

Продукты ПЦР-ПДРФ разделялись электрофоретически в 2-4 % агарозном геле, окрашенном бромистым этидием, при напряжении 130В в течение 20-50 мин. В качестве маркера использовался ДНК-маркер молекулярного веса M100bp. Фракции нуклеиновых кислот в гелях визуализировались в проходящем ультрафиолетовом свете с длиной волны 260 нм с использованием компьютерной видеосистемы Infinity-3026 (Vilber Lourmat, Франция).

При проведении анализа ПДРФ продукты ПЦР генов PRLR и FSHB подвергались рестрикционно-энзиматическому гидролизу, соответствующими рестриктазами – AluI и HaeIII, в течение 2-3 часов при температуре 37 °C. После чего образующиеся рестрикционные фрагменты разделялись в 2-3 % агарозном геле.

Результаты исследований и их обсуждение. Изучена генетическая структура по двум генам PRLR и FSHB популяций хряков-производителей и ремонтных хрячков пород ландрас, йоркшир, белорусская крупная белая, белорусская мясная и дюрок (таблица 1 и 2).

Наибольший интерес для селекции свиней представляют животные, имеющие генотипы PRLR^{AA} и PRLR^{AB}, которые ассоциированы с более высокими воспроизводительными качествами у хряков.

Таблица 1 – Генетическая структура по гену PRLR популяций хряков-производителей различных пород

Хозяйство	n	Частота встречаемости генотипов, %			Частота встречае- мости аллелей	
		PRLR AA	PRLR AB	PRLR ^{BB}	PRLR ^A	PRLR ^B
Ландрас						
ОАО «СГЦ «Заднепров- ский»	22	-	50,00	50,00	0,250	0,750
УП «Поле- сье-Агроин- вест»	7	42,86	57,14	-	0,714	0,286
Йоркшир						
ОАО «СГЦ «Западный»	28	10,71	67,86	21,43	0,446	0,554
УП «Поле- сье-Агроин- вест»	4	50,00	25,00	25,00	0,625	0,375
Белорусская крупная белая						
ОАО «Плем- завод «Тимо- ново»	32	25,00	46,88	28,12	0,484	0,516
Белорусская мясная						
ГП «Жоди- ноАгро- ПлемЭлита»	11	45,45	45,45	9,10	0,682	0,318

Анализ данных показал, что частота встречаемости генотипа PRLR^{AA} и аллеля PRLR^A колебалась в зависимости от породы и популяции и находилась в пределах от 10,71 % и 0,446 (хряки породы йоркшир, ОАО «СГЦ «Западный») до 50,00 % и 0,625 (хряки породы йоркшир, УП «Полесье-Агроинвест») соответственно. Популяция породы ландрас (ОАО «СГЦ «Заднепровский») характеризовалась отсутствием генотипа PRLR^{AA}. Около пятидесяти процентов хряков имели генотип PRLR^{AA}: выборка хряков-производителей породы ландрас из УП «Полесье-Агроинвест» – 42,86 % и белорусской мясной породы из ГП «Жоди-ноАгроПлемЭлита» – 45,45 %. Частота встречаемости животных носителей гетерозиготного генотипа PRLR^{AB} изменялась от 25,00 % (йоркшир, УП «Полесье-Агроинвест») до 67,86 % (йоркшир, ОАО «СГЦ «Западный»). Промежуточным значением характеризовались хряки белорусской мясной породы – 45,45 % (ГП «Жоди-ноАгроПлемЭлита»), хряки белорусской крупной белой породы – 46,88 % (ОАО «Племзавод «Тимоново»), две популяции хряков породы ландрас –

50,00 и 57,14 % (ОАО «СГЦ «Заднепровский» и УП «Полесье-Агроинвест»).

Изучена генетическая структура нескольких популяций ремонтных хрячков пород дюрок, йоркшир, ландрас, белорусская мясная (таблица 2).

Таблица 2 – Генетическая структура по гену PRLR популяций ремонтных хрячков различных пород

Хозяйство	n	Частота встречаемости генотипов, %			Частота встречае- мости аллелей	
		PRLR AA	PRLR AB	PRLR ^{BB}	PRLR ^A	PRLR ^B
Дюрок						
ГП «Жодино-АгроПлемЭ- лита»	5	40,00	60,00	-	0,700	0,300
ОАО «СГЦ «Заднепров- ский»	27	22,22	62,96	14,82	0,537	0,463
Ландрас						
ГП «Жодино-АгроПлемЭ- лита»	8	50,00	37,50	12,50	0,688	0,312
УП «Полесье-Агроинвест»	14	64,29	35,71	-	0,821	0,179
Йоркшир						
ГП «Жодино-АгроПлемЭ- лита»	9	-	33,33	66,67	0,167	0,833
УП «Полесье-Агроинвест»	7	71,43	28,57	-	0,857	0,143
Белорусская мясная						
ОАО «СГЦ «Заднепров- ский»	19	52,63	42,11	5,26	0,737	0,263

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что размах встречаемости генотипа PRLR^{AA} и аллеля PRLR^A колебался от 0 % и 0,167 (хрячки породы йоркшир, ГП «Жодино-АгроПлемЭлита») до 71,43 % и 0,857 (хрячки породы йоркшир, УП «Полесье-Агроинвест») соответственно. Концентрация гомозиготного генотипа PRLR^{AA} в остальных популяциях хрячков составила по породам: дюрок – 22,22 и 40,00 %, ландрас – 50,00 и 64,29 %, белорусская мясная – 52,63 %. Встречаемость гетерозиготного генотипа PRLR^{AB} находилась в пределах от 28,57 % (порода йоркшир, УП «Полесье-Агроинвест») до 62,96 % (порода дюрок, ОАО

«СГЦ «Заднепровский»).

В таблице 3 представлены результаты анализа генетической структуры по гену PRLR изученных пород в среднем. Показатели частоты встречаемости генотипа PRLR^{AA} и аллеля PRLR^A варьировал от 20,83 % и 0,469 (порода йоркшир) до 50,00 % и 0,717 (белорусская мясная порода) соответственно. Высокий показатель частоты встречаемости установлен для гетерозиготного генотипа PRLR^{AB}, который находился в пределах от 43,33 % (белорусская мясная порода) до 62,50 % (порода дюрок).

Таблица 3 – Генетическая структура по гену PRLR различных пород свиней

Порода	n	Частота встречаемости генотипов, %			Частота встречаемости аллелей	
		PRLR ^{AA}	PRLR ^{AB}	PRLR ^{BB}	PRLR ^A	PRLR ^B
Дюрок	32	25,00	62,50	12,50	0,563	0,437
Ландрас	1	31,37	45,10	23,53	0,539	0,461
Йоркшир	48	20,83	52,08	27,09	0,469	0,531
Белорусская крупная белая	32	25,00	46,88	28,12	0,484	0,516
Белорусская мясная	30	50,00	43,33	6,67	0,717	0,283

Изучена генетическая структура популяций хряков-производителей по гену FSHB (таблица 4). Для селекции свиней на повышение показателей воспроизводительных признаков представляет интерес генотип FSHB^{BB}.

Таблица 4 – Генетическая структура по гену FSHB популяций хряков-производителей различных пород

Хозяйство	n	Частота встречаемости генотипов, %			Частота встречаемости аллелей	
		FSHB ^{AA}	FSHB ^{AB}	FSHB ^{BB}	FSHB ^A	FSHB ^B
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Ландрас						
ОАО «СГЦ «Заднепровский»	22	9,09	54,55	36,36	0,364	0,636
УП «Полесье - Агроинвест»	7	-	14,29	85,71	0,071	0,929
Йоркшир						
ОАО «СГЦ «Западный»	25	-	16,00	84,00	0,080	0,920

1	2	3	4	5	6	7
УП «Полесье-Агроинвест»	4	-	75,00	25,00	0,375	0,625
Белорусская крупная белая						
ОАО «Племзавод «Тимоново»	32	-	15,63	84,37	0,078	0,922
Белорусская мясная						
ГП «Жодино АгроПлемЭлита»	11	-	63,64	36,36	0,318	0,682

Анализ генетической структуры по гену FSHB показал, что частота встречаемости генотипа FSHB^{BB} и аллеля FSHB^B находилась в пределах от 25,00 % и 0,625 (хряки породы йоркшир, УП «Полесье-Агроинвест») до 85,71 % и 0,929 (хряки породы ландрас, УП «Полесье-Агроинвест») соответственно. Популяции хряков породы йоркшир (ОАО «СГЦ «Западный») и белорусской крупной белой породы (ОАО «Племзавод «Тимоново») характеризовались высоким уровнем встречаемости гомозиготного генотипа FSHB^{BB} и аллеля FSHB^B со значениями 84,00 % и 0,920, 84,37 % и 0,922 соответственно.

Изучена генетическая структура популяций ремонтных хрячков по гену FSHB (таблица 5).

Таблица 5 – Генетическая структура по гену FSHB популяций ремонтных хрячков различных пород

Хозяйство	n	Частота встречаемости генотипов, %			Частота встречаемости аллелей	
		FSHB ^{AA}	FSHB ^{AB}	FSHB ^{BB}	FSHB ^A	FSHB ^B
1	2	3	4	5	6	7
Дюрок						
ГП «Жодино АгроПлемЭлита»	5	-	20,00	80,00	0,100	0,900
ОАО «СГЦ «Заднепровский»	27	-	-	100	-	1,00
Ландрас						
ГП «Жодино АгроПлемЭлита»	6	-	33,33	66,67	0,167	0,833
УП «Полесье-Агроинвест»	11	-	-	100	-	1,00

1	2	3	4	5	6	7
Йоркшир						
ГП «Жодионо АгроПлемЭ- лита»	9	-	22,22	77,78	0,111	0,889
УП «Полесье- Агроинвест»	7	-	14,29	85,71	0,071	0,929
Белорусская мясная						
ОАО «СГЦ «Заднепров- ский»	19	-	31,58	68,42	0,158	0,842

Результаты генотипирования ремонтных хрячков по гену FSHB показали, что размах частот встречаемости предпочтительного генотипа FSHB^{BB} и аллеля FSHB^B в популяциях находился в пределах от 66,67 % и 0,833 (порода ландрас, ГП «ЖодионоАгроПлемЭлита») до 100 % и 1,0 (порода дюрок, ОАО «СГЦ «Заднепровский» и порода ландрас, УП «Полесье-Агроинвест») соответственно.

Промежуточное значение частоты встречаемости генотипа FSHB^{BB} имели ремонтные хрячки пород: белорусская мясная – 68,42 %, две популяции йоркшир – 77,78 и 85,71 %, дюрок – 80,00 %.

Анализ генетической структуры по гену FSHB пород в целом по изучаемым породам представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Генетическая структура по гену FSHB различных пород свиней

Порода	n	Частота встречаемости генотипов, %			Частота встречае- мости аллелей	
		FSHB ^{AA}	FSHB ^{AB}	FSHB ^{BB}	FSHB ^A	FSHB ^B
Дюрок	32	-	3,12	96,88	0,016	0,984
Ландрас	6	4,35	32,61	63,04	0,207	0,793
Йоркшир	45	-	22,22	77,78	0,111	0,889
Белорусская крупная белая	32	-	15,62	84,38	0,078	0,922
Белорусская мясная	30	-	43,33	56,67	0,217	0,783

Наибольший процент встречаемости животных с предпочтительным генотипом FSHB^{BB} наблюдался у популяций породы дюрок – 96,88 %. Наименьшей концентрацией генотипа FSHB^{BB} характеризовались популяции белорусской мясной породы – 56,67 %.

Заключение. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что полиморфизм генов PRLR, FSHB выявлен у всех исследованных породах свиней и средние значения частот встречаемости предпочтительных генотипов и аллелей составили:

- порода дюрок: $PRLR^{AA} - 25,00 \%$, $PRLR^{AB} - 62,50 \%$, $PRLR^A - 0,563$; $FSHB^{BB} - 96,88 \%$, $FSHB^B - 0,984$;
- порода ландрас: $PRLR^{AA} - 31,37 \%$, $PRLR^{AB} - 45,10 \%$, $PRLR^A - 0,539$; $FSHB^{BB} - 63,04 \%$, $FSHB^B - 0,793$;
- порода йоркшир: $PRLR^{AA} - 20,83 \%$, $PRLR^{AB} - 52,08 \%$, $PRLR^A - 0,469$; $FSHB^{BB} - 77,78 \%$, $FSHB^B - 0,889$;
- белорусская крупная белая порода: $PRLR^{AA} - 25,00 \%$, $PRLR^{AB} - 46,88 \%$, $PRLR^A - 0,484$; $FSHB^{BB} - 84,38 \%$, $FSHB^B - 0,922$;
- белорусская мясная порода: $PRLR^{AA} - 50,00 \%$, $PRLR^{AB} - 43,33 \%$, $PRLR^A - 0,717$; $FSHB^{BB} - 56,67 \%$, $FSHB^B - 0,783$.

Для селекции предпочтительными являются животные с генотипами $PRLR^{AA}$ и $PRLR^{AB}$, $FSHB^{BB}$.

Литература

1. Калашникова, Л. А. Селекция XXI века: использование ДНК-технологий / Л. А. Калашникова, И. М. Дунин, В. И. Глазко. – Лесные Поляны : ВНИИПлем, 2000. – 31 с. – ISBN 5-87958-129-2.
2. Генофонды сельскохозяйственных животных. Генетические ресурсы животноводства России / И. Г. Моисеева, С. В. Уханов, Ю. А. Столповский [и др.] ; РАН, Ин-т общей генетики им. Н.И. Вавилова. – Москва : Наука, 2006. – 462 с. – ISBN 5-02-035646-8.
3. Rothschild, M. F. Candidate gene analysis to detect traits of economic importance in domestic livestock / M. F. Rothschild, M. Soller // Probe. – 1997. – Vol. 8. – P. 13-20.
4. Rothschild, M. F. Molecular approaches to improved pig fertility / M. F. Rothschild, L. A. Messer, A. Vincent // J Reprod. Fertil. – 1997. – Vol. 52 (Suppl). – P. 277-236.
5. Candidate gene analysis for loci affecting litter size and ovulation rate in swine / R. Linville, D. Pomp, R. Johnson, M. Rothschild // J. Anim. Sc. – 2001. – Vol. 79. – P. 60–67. doi: 10.2527/2001.79160x.
6. Методические рекомендации по использованию метода оценки племенных свиней по генам, ассоциированным с признаками продуктивности / И. П. Шейко, М. А. Ковальчук, В. П. Симоненко [и др.]. – Жодино, 2023. – 27 с.
7. Методические рекомендации по применению ДНК-тестирования в животноводстве Беларуси / И. П. Шейко, Т. И. Елишко, О. П. Курак [и др.]. – Жодино, 2006. – 26 с.

Поступила 28.02.2025 г.

Р.В. ЛОБАН, С.В. СИДУНОВ, М.Н. СИДУНОВА, Е.А. ЛОПАТИНА,
А.И. КОЛЕНДО

МОРФО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ СКОТА МЯСНЫХ ПОРОД В ЗИМНЕ-СТОЙЛОВЫЙ ПЕРИОД

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

Изучение состава крови является важным этапом научной работы, поскольку он характеризует направленность обмена веществ, состояние здоровья животных и их способность адаптироваться к условиям технологии содержания. В статье представлены материалы исследований, целью которых было изучение гематологических и биохимических показателей крови абердин-ангусских и шароле-ских коров и телят на подсосе в период зимне-стойлового содержания. Установлено, что в зимне-стойловый период гематологические показатели исследуемых животных в основном находились в пределах физиологической нормы, однако среднее содержание тромбоцитов в крови было ниже минимального значения и составило у абердин-ангусских коров $171,6 \times 10^9/\text{л}$, у шароле-ских – $197,22 \times 10^9/\text{л}$ при норме $260-700 \times 10^9/\text{л}$.

Ключевые слова: абердин-ангусская порода, лимузинская, кровь, гематологические показатели, биохимические показатели.

R.V. LOBAN, S.V. SIDUNOV, M.N. SIDUNOVA, E.A. LOPATINA,
A.I. KOLENDO

MORPHO-BIOCHEMICAL BLOOD INDICATORS OF BEEF CATTLE IN THE WINTER STALL-FEEDING PERIOD

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

The study of blood composition is an important stage of scientific work, as it characterizes the metabolic pathway, the state of health of animals and their ability to adapt to housing conditions. This paper contains the materials of research aimed at studying hematological and biochemical indicators of blood of Aberdeen-Angus and Charolais cows and suckling calves in the winter stall-feeding period. It was found that in the winter stall-feeding period, hematological indicators of the animals under study were mainly within the physiological range, but the average content of platelets in the blood was below the minimum value and amounted to $171.6 \times 10^9/\text{l}$ in Aberdeen-Angus cows and $197.22 \times 10^9/\text{l}$ in Charolais cows, while the norm was $260-700 \times 10^9/\text{l}$.

Key words: Aberdeen-Angus, Limousin, blood, hematological indicators, biochemical indicators.

Введение. Генетическая обусловленность продуктивности животного связана со сложными и многообразными обменными процессами, протекающими в его организме и находящими своё отражение в морфологических и биохимических показателях крови.

Многочисленными исследованиями установлено, что кровь, несмотря на сравнительное постоянство состава, представляет собой лабильную систему и её морфологические и биохимические параметры изменяются в зависимости от различных факторов, в том числе генотипа животных, их возраста, условий кормления и содержания, уровня продуктивности. По ним можно судить об интенсивности обменных процессов, которые позволяют прогнозировать показатели продуктивности [1, 2]. В связи с этим, изучение состава крови является одним из важнейших показателей, характеризующих направленность обмена веществ, состояние здоровья животных и их способность адаптироваться к условиям технологии содержания.

Изучение показателей крови, с принятием во внимание изменения климата и эксплуатации, позволяет оценить состояние животного, так как кровь, благодаря своим защитным, транспортным и регулирующим функциям, обеспечивает гомеостаз организма животного в постоянно изменяющихся параметрах внешней среды [3].

Целью исследований было изучение гематологических и биохимических показателей крови абердин-ангусских и шароле-ских коров и телят на подсосе в период зимне-стойлового содержания.

Материал и методика исследований. Объектом исследования являлись абердин-ангусские коровы, бычки и тёлочки, принадлежащие ОАО «Агро-Лясковичи» Петриковского района, а также шароле-ские коровы и тёлочки, принадлежащие ООО «Дружба - Агропроизводство» Кобринского района. Предметом исследований являлась кровь от этих животных. Абердин-ангусские животные в зимне-стойловый период содержались под трёхстенными навесами, шароле-ские – в помещениях-кюшечниках.

Забор крови у коров производился из подхвостовой вены, у телят – из яремной вены в верхней трети шеи. Анализы крови проводились в лаборатории технологии кормопроизводства и биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». Биометрическая обработка материалов исследований осуществлялась методами вариационной статистики [4] с использованием ПЭВМ и программного обеспечения компании Microsoft Excel. Из статистических показателей рассчитаны средняя арифметическая выборочной совокупности (M), ошибка средней арифметической (m) с определением достоверности разницы между исследуемыми показателями.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате исследований установлено, что гематологические показатели исследуемых животных в основном находились в пределах физиологической нормы, за исключением содержания лейкоцитов и тромбоцитов, при этом между породами и половозрастными группами наблюдались некоторые различия (таблица 1).

Таблица 1 – Гематологические показатели животных в зимне-стойловый период

Группа	n	Лейкоциты, 10 ⁹ /л	Эритроциты, 10 ¹² /л	Гемоглобин, г/л	Гематокрит, %	Тромбоциты, 10 ⁹ /л
Абердин-ангусская порода, ОАО «Агро-Лясковичи»						
Коровы	10	14,85± 1,36	5,27± 0,15	102,30± 3,38	28,07± 1,07	170,60± 14,12
Бычки	6	16,87± 1,34**	5,73± 0,21	113,00± 4,87	22,78± 0,92	277,83± 49,02
Тёлки	4	20,55± 1,94	5,90± 0,28	116,75± 6,06	23,15± 1,14	314,75± 11,23
Шаролезская порода, ООО «Дружба - Агропроизводство»						
Коровы	9	28,50± 2,09***	5,97± 0,23	128,78± 4,32***	33,81± 1,37**	197,22± 35,93
Тёлки	9	24,24± 1,44	5,63± 0,23	117,22± 4,38	23,61± 1,15	373,11± 47,10**

Примечание: здесь и далее *** P<0,001, ** P<0,01, *P<0,05

Коровы шаролезской породы превосходили абердин-ангусских по всем показателям: по содержанию лейкоцитов – на $13,65 \times 10^9/\text{л}$ и гемоглобина – на 26,48 г/л разница была достоверной при $P<0,001$, по гематокриту разница составила 5,74 п. п. при $P<0,01$, по другим показателям разница была недостоверной. Среди молодняка между породами существенных и достоверных различий не установлено, незначительная разница по исследуемым показателям, за исключением содержания эритроцитов, была на стороне тёлочек шаролезской породы, при этом по содержанию лейкоцитов разница между шаролезскими тёлочками и абердин-ангусскими бычками составила $7,37 \times 10^9/\text{л}$ ($P<0,01$)

Во внутривидовом аспекте абердин-ангусские бычки и тёлочки по содержанию в крови эритроцитов и гемоглобина превосходили показатели у коров на 8-11 % и 7 и 14 % соответственно, что свидетельствует о более интенсивных окислительно-восстановительных процессах, протекающих в организме молодняка и его дыхательной функции.

Среди особей шаролезской породы разница между тёлочками и коровами была в пользу последних. Исключение составил показатель содержания тромбоцитов, где разница между тёлочками и коровами составила $175,89 \times 10^9/\text{л}$ ($P<0,01$). По всей вероятности, на

гематологические показатели оказали влияние условия содержания животных.

Среднее содержание тромбоцитов в крови составило у абердин-ангусских коров $171,6 \times 10^9/\text{л}$, у шаролежских – $197,22 \times 10^9/\text{л}$, при норме – $260-700 \times 10^9/\text{л}$, т. е. ниже минимального значения, что может быть следствием, как физиологического (стельность) состояния, при вирусных и бактериальных инфекциях, а также при дефиците витамина B_{12} и фолиевой кислоты.

Важнейшей составной частью крови являются белки, которые играют существенную роль в физиологических процессах организма. Белки сыворотки крови представлены альбуминовыми и глобулиновыми фракциями. Альбумины создают коллоидно-осмотическое давление крови, обеспечивают растворение и транспортировку анионов, переносят растворимые промежуточные продукты обмена от одной ткани к другой. Глобулины выполняют важные функции по транспортировке питательных веществ и защите организма от неблагоприятных факторов внешней среды). На уровень белка в плазме крови влияют особенности кормления, функциональная активность почек и печени, желудочно-кишечного тракта. По белковому составу крови можно судить об изменениях уровня и интенсивности обмена азота в организме, а, следовательно, и о характере развития самого животного [5, 6].

В наших исследованиях (таблица 2) установлено, что более высокое содержание общего белка в крови наблюдалось у животных абердин-ангусской породы, содержащихся в трёхстенных навесах: 80,8 против 72,1 г/л по сравнению с шаролежскими коровами, но разница была недостоверной. Между тёлочками разница 7,76 г/л (69,4 против 61,6 г/л ($P < 0,05$)) также была в пользу абердин-ангусских особей, между абердин-ангусскими бычками и тёлочками шаролежской породы разница составила 7,83 г/л ($P < 0,05$).

По содержанию в крови альбуминов отличались абердин-ангусские животные. Так, разница с шаролежскими коровами составила 2,42 г/л (7,3 %), между бычками и шаролежскими телками – 4,54 г/л (14 %), между тёлками – 5,31 г/л (16,3 %), но разница была недостоверна.

Более высокие показатели альбуминовой фракции у животных абердин-ангусской породы разных половозрастных групп, по сравнению с шаролежской породой, можно рассматривать как компенсаторный фактор, который обуславливает повышение устойчивости к внешним неблагоприятным воздействиям и свидетельствует об усилении белково-образовательной и транспортной функции печени.

Таблица 2 – Биохимические показатели крови животных в зимне-стойловый период

Показатель	Абердин-ангусская порода			Шаролезская порода	
	коровы, n=10	бычки, n=6	тёлочки, n=4	коровы, n=9	тёлочки, n=9
Общий белок, г/л	80,81± 3,42	69,47± 2,77*	69,40± 2,08*	72,12± 1,44	61,64± 1,64
Альбумины, г/л	35,59± 1,71	37,03± 2,77	37,80± 1,44	33,17± 0,71	32,49± 0,80
Глобулины, г/л	45,22± 1,92*	32,43± 1,69	31,60± 1,53	38,96± 1,16	31,34± 2,41
Белковый коэффициент, ед.	0,78	1,14	1,20	0,85	1,04
АЛТ, ед./л	40,22± 2,19	19,72± 0,92	25,93± 3,19	57,99± 1,68	37,81± 1,49
АСТ, ед./л	78,83± 370	72,72± 5,64	89,90± 8,56	80,39± 2,46	58,42± 4,10
Глюкоза, ммоль/л	2,86± 0,18	3,84± 0,41	2,93± 0,65	3,50± 0,09	4,21± 0,32
Холестерин, ммоль/л	4,84± 0,34**	4,03± 0,34	4,26± 0,61	3,50± 0,16	3,85± 0,12

Содержание глобулинов в крови абердин-ангусских коров было выше на 6,26 г/л, чем у шаролезских ($P<0,05$), между молодым различий по данному показателю не установлено. Отношение альбуминов к глобулинам ($A/\Sigma G$) показывает интенсивность белкового обмена и называется белковым коэффициентом. У крупного рогатого скота в норме этот показатель составляет от 0,9 до 1,4 [7]. В наших исследованиях более низкий белковый коэффициент крови был у коров (0,78 – у абердин-ангусских и 0,85 – у шаролезских особей), что, по всей вероятности, связано с условиями зимне-стойлового содержания и выращивания телят на подсосе. У молодняка обеих пород данный показатель соответствовал физиологическим нормам.

В клинической биохимии большое значение имеют показатели активности аспаратаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ) и их соотношение АСТ/АЛТ (коэффициент де Ритиса). Данные ферменты катализируют межмолекулярный перенос аминокислот с аминокислот на кетокислоты. Последние, окисляясь в цикле трикарбоновых кислот (цикле Кребса), выступают источником энергии для протекания в организме многочисленных химических реакций. АЛТ и АСТ распространены в тканях сердца, печени, скелетной мускулатуре, почках, меньше в поджелудочной железе, селезёнке, лёгких. В крови животных активность обоих ферментов очень мала, однако при патологиях их количество увеличивается. При различных изменениях реактивности

организма активность ферментов может либо повышаться, либо понижаться, тем самым вызывая в организме животного различные нарушения. Изменения в специфических ферментативных реакциях можно определить как причину, так и следствие различных патологических состояний. Каждому органу свойственна выработка своего набора (спектра) ферментов, появление их в жидкостях организма в больших количествах характерно для повреждённого органа. При действии стресс-факторов, дисфункциях, деструкции клеток активность этих ферментов в крови значительно увеличивается. Исследование активности АЛТ и АСТ в сыворотке крови имеет важное значение для дифференциальной диагностики болезней печени [7].

Исследование крови опытных животных показало, что содержание ферментов переаминирования АЛТ и АСТ находилось в пределах физиологической нормы, что подтверждает отсутствие патологических процессов в организме животных.

Глюкоза в крови животных выполняет функцию наиболее доступного источника энергии и, соответственно, принимает участие в регуляции процессов энергетического обмена. Уровень глюкозы в крови регулируется деятельностью нейроэндокринной системы и паренхиматозных органов [5, 6]. Как следует из данных таблицы 2, наименьшая концентрация глюкозы отмечалась в крови абердин-ангусских коров и тёлочек и составила соответственно 2,86 и 2,93 ммоль/л, что на 0,64 и 1,28 ммоль/л ниже, чем у шаролежских коров и тёлочек. Но в целом содержание глюкозы в крови исследуемых животных было в пределах физиологической нормы.

Холестерин обнаруживается во всех тканях и жидкостях организма животных, как в свободном состоянии, так и в виде сложных эфиров. До 80 % холестерина синтезируется в печени и его уровень в крови является показателем сохранения её синтетической функции. В крови животных абердин-ангусской породы содержание холестерина было несколько выше, чем у шаролежских: разница между коровами составила 1,34 ммоль/л (38,2 %) при $P < 0,01$, между тёлочками – 0,41 ммоль/л, между абердин-ангусскими бычками и шаролежскими тёлочками – 0,18 ммоль/л, но разница была недостоверной. При этом содержание холестерина в крови абердин-ангусских коров было несколько выше нормативных значений для крупного рогатого скота (4,84 ммоль/л при норме 1,3–4,4 ммоль/л). По остальным половозрастным группам показатели соответствовали нормативным.

Заключение. Изучение гематологических и биохимических показателей крови коров и молодняка абердин-ангусской и шаролежской пород в период зимне-стойлового содержания показало, что большинство исследуемых параметров находилось в пределах физиологической нормы.

В целом проведение биохимических исследований крови важно для контроля показателей, отражающих напряжённость обменных процессов организма, и в случае значительных отклонений позволит вовремя принимать корректирующие действия по обеспечению здоровья животных и уровня их продуктивности.

Литература

1. Горелик, А. С. Биохимические показатели крови коров / А. С. Горелик // Вестник биотехнологии. – 2016. – № 1. – С. 3.
2. Особенности морфобиохимических показателей крови и линейного роста бычков разного происхождения / О. В. Горелик, С. Ю. Харлап, А. С. Горелик, С. Л. Сафронов // Главный зоотехник. – 2016. – № 8. – С. 11-22. – DOI:10.33920/sel-03-2208-02.
3. Аксёнова, В. М. Морфология и физиология системы крови : учебное пособие / В. М. Аксёнова, А. П. Осипов. – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2019. – 123 с. – ISBN 978-5-94279-449-1.
4. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Вышэйшая школа, 1967. – 326 с.
5. Зайцев, С. Ю. Биологическая химия: от биологически активных веществ до органов и тканей животных / С. Ю. Зайцев. – Москва : ЗАО «Капитал Принт», 2017. – 517 с.
6. Нормативные требования к показателям обмена веществ у животных при проведении биохимических исследований крови : рекомендации / С. В. Петровский, А. А. Белко, А. П. Курдеко [и др.] ; Витебская гос. акад. вет. медицины. – Витебск : УО ВГАВМ, 2019. – 65 с.
7. Зайцев, С. Ю. Тензиометрический и биохимический анализ крови животных: фундаментальные и прикладные аспекты / С. Ю. Зайцев. – Москва : Сельскохозяйственные технологии, 2016. – 192 с. – ISBN 978-5-9908152-7-8.

Поступила 14.04.2025 г.

УДК 636.2:57.089.32:615.357

С.Н. ПАЙТЕРОВ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭПИБРАССИНОЛИДА ПРИ ИНДУКЦИИ СУПЕРОВУЛЯЦИИ У КОРОВ-ДОНОРОВ

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь

Препараты для стимуляции половой охоты у животных должны быть относительно безвредными, то есть быстро утилизироваться и выводиться из организма, оказывать высокий терапевтический эффект и быть экономически доступными. Всеми этими качествами обладают препараты растительного происхождения, одним из которых является синтетический стероидный гормон эпибрассинолид. В исследованиях изучалось его влияние на атрезию доминантного фолликула с целью инициации новой волны роста фолликулов яичников коров-доноров и последующую гонадотропную индукцию суперовуляции.

Установлено, что включение эпибрассинолида в схему индукции суперовуляции коров-доноров достоверно повысило выход пригодных к использованию зародышей на 0,5 с одновременным снижением на 0,17 клеток, не пригодных к эмбриотрансплантации. Оплодотворяемость после использования фитогормона увеличилась в среднем на 3,0 п.п. В связи с этим рекомендуется включение раствора эпибрассинолида в схему гормональной обработки коров-доноров с целью атрезии доминантного фолликула и инициации новой волны роста фолликулов и последующего увеличения выхода эмбрионов, пригодных к трансплантации.

Ключевые слова: корова-донор, эмбрионы, суперовуляция, эпибрассинолид, прогестагенная вставка.

S.N. PAITSERAU

EFFICIENCY OF USING EPIBRASSINOLIDE IN THE INDUCTION OF SUPEROVULATION IN DONOR COWS

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus

Drugs for stimulation of estrus in animals should be relatively harmless, i.e. rapidly excreted from the body, have a high therapeutic effect and be economically available. All these properties are possessed by phytogenic drugs, one of which is the synthetic steroid hormone epibrassinolide. The research examined its effect on dominant follicle atresia to initiate a new wave of ovarian follicle growth in donor cows and subsequent gonadotropic induction of superovulation. It was found that the inclusion of epibrassinolide in the superovulation induction regimen for donor cows significantly increased the yield of usable embryos by 0.5 with a simultaneous decrease of 0.17 cells unsuitable for embryo transplantation. Fertilization after using the phytohormone increased by an average of 3.0 percentage points. In this regard, it is recommended to include epibrassinolide solution in the hormonal treatment regimen for donor cows to induce dominant follicle atresia and initiate a new wave of follicle growth and subsequently increase the yield of embryos suitable for transplantation.

Key words: donor cow, embryos, superovulation, epibrassinolide, progesterone insert.

Введение. Высокая степень непредсказуемости и вариабельности реакции суперовуляции у крупного рогатого скота на вводимые гонадотропины создаёт проблемы, влияющие как на эффективность, так и на рентабельность технологии трансплантации эмбрионов [1]. Вариабельность реакции яичников может быть связана с различиями в методах и схемах индукции множественной овуляции, видом гонадотропина, периодичностью инъекций и общей дозе, продолжительностью и сроками введения препарата, а также использованием дополнительных гормональных средств в схеме вызывания полиовуляции.

Известно, что половой цикл коров составляют две или три волны роста фолликулов [2]. Волна роста представляет собой периодический синхронный рост группы антральных фолликулов. Она характеризуется внезапным (на протяжении 1-2 дней) ростом более чем 20 малых фолликулов, которые в начальной стадии имеют размер 3-4 мм. На протяжении 2 дней рост всех фолликулов происходит одинаково, затем один-два фолликула продолжают расти, а остальные прекращают рост и начинают регрессировать. Начало дифференциации в скорости роста между двумя наибольшими фолликулами носит термин фолликулярной девиации и у крупного рогатого скота происходит тогда, когда наибольшие фолликулы достигают диаметра в среднем 8,5 и 7,5 мм [3]. Девиация происходит приблизительно через 65 часов после овуляции [4, 5]. Возникновение волны роста фолликулов происходит под влиянием увеличения концентрации фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) в крови, пик которой совпадает с достижением фолликулами диаметра в 4-5 мм [2]. На протяжении 24 часов, предшествующих началу девиации, малые фолликулы растут медленнее, а после удаления больших фолликулов оставшиеся растут до тех пор, пока больший из них не достигнет диаметра, соответствующего началу девиации. В этом случае созревают в среднем от 3 до 10 ($5,4 \pm 1,2$) фолликулов диаметром более 5 мм. В это же время секреция эстрогенов усиливает действие ФСГ, что, в свою очередь, способствует образованию рецепторов ЛГ в клетках зернистого слоя, тем самым повышая клеточный ответ на концентрацию лютеонизирующего гормона (ЛГ). Результатом этого процесса является развитие фолликулов и дальнейшая продукция ими эстрогена, причём концентрация гонадотропина остаётся низкой, что обусловлено работой механизма отрицательной обратной связи. По мере созревания фолликулов происходит их лютеинизация, сопровождающаяся секрецией прогестерона. Изменение соотношения эстроген : прогестерон обеспечивает овуляторный пик ЛГ [6, 7].

Анализ имеющейся информации о волнообразной гормонозависимой цикличности эстрального цикла самок животных позволяет сделать заключение о возможности его корректировки с использованием экзогенных гормональных средств с целью повышения эффективности использования ФСГ и ответной реакции яичников коров-доноров на его введение при индукции суперовуляции. Наиболее эффективный способ вызвать новую волну роста фолликулов в яичниках самок – это удаление доминантного фолликула. С этой целью используют хирургический метод или аспирацию одного или двух наиболее развитых фолликулов [8, 9]. Недостатком данного метода является необходимость наличия специального оборудования, обученного персонала и длительность по времени проведения манипуляции. Альтернативным методом

представляется использование прогестагенных вставок или имплантов, содержащих в своём составе повышенные дозы прогестерона, постепенно поступающие в кровяное русло самки, тем самым подавляя секрецию ЛГ и рост доминантного фолликула [10, 11], а дополнительное внутримышечное введение эстрадиола бензоата вызывает его регрессию и создает новую волну роста фолликулов более чем у 80 % коров в течение 7 дней [12, 13]. По данным других авторов [14], лютеиновая фаза эстрального цикла не влияет на синхронизацию фолликулогенеза при установке интравагинального прогестагенного импланта с инъекцией 2 мг эстрадиола бензоата совместно с 50 мг прогестерона. При данной схеме обработки в охоту пришло 92,9 % животных голштинской породы.

Можно заключить, что полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что установка коровам прогестагенных имплантов вызывает рост фолликулов через определенный промежуток времени, а дополнительная инъекция эстрадиола с прогестагеном снижает вариабельность овариального ответа яичников.

В Республике Беларусь в настоящее время не производятся и запрещены препараты эстрогенного действия для стимуляции половой охоты у животных. Использование препаратов данного класса эффективно при восстановлении у животных воспроизводительной способности и устранения бесплодия. Вместе с тем, не менее важно иметь такие качества препарата как относительная безвредность, то есть быстрая утилизация и выведение из организма, высокая терапевтическая эффективность и экономическая доступность. Всеми этими качествами могут обладать препараты растительного происхождения.

Фитоэстрогены обладают определенным сходством с эндогенными эстрогенами животных и имеют близкую с ними молекулярную массу. Указанные свойства позволяют им «узнавать» эстрогенные рецепторы и связываться с ними [15, 16, 17]. Экспериментальные данные позволяют сделать вывод о том, что фитоэстрогены способны модулировать специфические ответы тканей-мишеней репродуктивных органов и, следовательно, влиять на рецепцию, продукцию и метаболизм эндогенных гормонов, а также на их действие на клеточном уровне [18].

Эпибрасинолид – это синтетический стероидный фитогормон. За счёт высокой активности и доступности он является одним из наиболее перспективных препаратов группы брасиностероидов. Он оказывает влияние на активизацию белково-нуклеинового обмена, повышение иммунного статуса, восстановление свойств мембран и гормонального баланса [19]. В растениеводстве при его применении у целого ряда культур повышается урожайность. Принимая во внимание малую токсичность и исключительно низкие нормы расхода, эпибрасинолид можно

относительно безопасным в экологическом отношении [19]. В животноводстве его применение дало положительный эффект в созревании ооцит-кумулюсных комплексов коров вне организма [20]. Обнадёживающие результаты получены при использовании эпибрассинолида совместно со спермой быков [21], для стимуляции половой активности, повышения оплодотворяемости животных [22]. В отечественной и зарубежной литературе отсутствует информация о его возможном использовании в схемах вызывания суперовуляции у коров-доноров, поэтому данное направление исследований является новым, перспективным и актуальным.

Целью настоящих исследований явилось изучение влияния синтетического стероидного гормона растительного происхождения эпибрассинолида на атрезию доминантного фолликула с целью инициации новой волны роста фолликулов яичников коров-доноров и последующую гонадотропную индукцию суперовуляции.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в СПК «Агрокомбинат Снов» Несвижского, ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской, п/х «Литвиново» Кобринского района Брестской областей и лаборатории воспроизводства, трансплантации эмбрионов и трансгенеза животных РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». В качестве доноров эмбрионов использовались геномно оценённые тёлки в возрасте 1,5-3 лет, а также клинически здоровые коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции в возрасте от 3 до 6 лет, живой массой 600 кг и более.

Для исследования влияния эпибрассинолида в составе комплексной схемы индукции суперовуляции у коров-доноров было сформировано две подопытные группы животных – опытная и контрольная.

Для вызывания суперовуляции коровам-донорам контрольной группы на 9-11-е дни полового цикла инъекцировали гонадотропный препарат «ФСГ-супер» производства Российской Федерации в дозе 50 единиц по Арморовскому стандарту (8 инъекций в уменьшающихся дозах с интервалом 12 часов) в сочетании с синтетическим аналогом прогестерона $F_{2\alpha}$ в дозе 750 мкг.

Обработку животных опытной группы начинали с ультразвукового ректального обследования яичников коров и последующей установки влагалищного имплантата CIDR (InterAG, Новая Зеландия). Обязательным условием дальнейшего использования животного в качестве донора эмбрионов являлось наличие растущего доминантного фолликула. Этот день считался нулевым. Одновременно с его установкой внутримышечно инъекцировали раствор прогестерона в дозе 50 мг («Прогестамаг», ЗАО «Мосагrogen», Российская Федерация) и раствор

эпибрассинолида в дозе 10 мл, состоящий из 9,0 мл окситоцина, 1,0 мл этилового спирта, 1,0 мг эпибрассинолида. На пятый день начинали гонадотропную обработку «ФСГ-супер» производства Российской Федерации в дозе 50 единиц по Арморковскому стандарту (8 инъекций в уменьшающихся дозах с интервалом 12 часов) в сочетании с синтетическим аналогом простагландина F_{2α} в дозе 750 мкг. На седьмой день одновременно с шестой инъекцией ФСГ-супер и синтетическим аналогом простагландина F_{2α} проводили извлечение влагиалищного импланта. Контроль охоты у доноров всех подопытных групп проводили дважды в день на прогулке животных по наличию рефлекса неподвижности. Осеменяли двойной дозой заморожено-оттаянной спермы с интервалом 10-12 часов с оценкой ее активности не ниже 4 баллов.

Основные элементы технологии (нехирургическое извлечение эмбрионов, морфологическая и качественная оценка зародышей, их последующая пересадка осуществлялись согласно методическим рекомендациям [23].

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследований по влиянию эпибрассинолида на количественный выход и морфологический состав зародышей крупного рогатого скота представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Влияние эпибрассинолида на показатели суперовуляции и эмбриопродукции коров-доноров

Показатели	Контроль	Опыт
Обработано коров, гол.	24	26
Положительных по извлечению доноров, гол./%	20/83,3	24/92,3
Реакция суперовуляции, жёлтых тел	7,40±0,40	9,96±0,77**
В среднем на донора извлечено эмбрионов, всего	6,50±0,58	6,83±0,36
пригодных к использованию	3,50±0,17	4,00±0,19*
непригодных к использованию	3,00±0,60	2,83±0,51
дегенерированных и отставших в развитии	1,50±0,40	1,46±0,30
неоплодотворенных яйцеклеток	1,50±0,40	1,37±0,36
Оплодотворяемость, %	76,9	79,9
Выход пригодных эмбрионов, %	53,8	58,6

Примечание: р≤0,05; **·р≤0,01

Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о позитивном воздействии эпибрассинолида, включённого в схему гормональной обработки коров доноров, на последующую индукцию овуляторного ответа яичников фолликулостимулирующим препаратом. Количество животных, положительно реагировавших на вводимые гонадотропины, в опытной группе составило 92,3 %, что на 9,0 п. п. выше по сравнению с контрольной. Число жёлтых тел в группе животных, получавших

эпибрассинолид, достоверно увеличилось на 2,56 ($p \leq 0,01$), как и количество эмбрионов, извлечённых в среднем на донора, с 6,5 в контрольной группе до 6,83 в опытной. Отмечено достоверное ($p \leq 0,05$) увеличение выхода пригодных к использованию зародышей на 0,5 с одновременным снижением на 0,17 клеток, не пригодных к эмбриотрансплантации, по сравнению с контрольной группой. Оплодотворяемость после использования фитогормона увеличилась в среднем на 3,0 п. п.

Анализ данных таблицы 2 указывает на положительное влияние и доказывает необходимость включения раствора эпибрассинолида в схему гормональной обработки коров-доноров с целью атрезии доминантного фолликула и инициации новой волны роста фолликулов и последующего увеличения выхода эмбрионов, пригодных к трансплантации. Выражается это в том, что в опытной группе клеток отличного и хорошего качества было, соответственно, на 11,2 и 4,0 п.п. больше, чем в контроле. При этом зародышей удовлетворительного качества – на 7,2 п. п. меньше.

Таблица 2 – Морфологическая и возрастная характеристика полученных зародышей после включения в схему гормональной обработки доноров фитогормона эпибрассинолида

Показатели	Контроль	Опыт
Количество доноров, гол.	20	24
Качественная характеристика эмбрионов		
Получено пригодных к трансплантации эмбрионов п/%	70	96
В том числе: отличные, п/%	41/58,6	67/69,8
хорошие, п/%	16/22,8	18/18,8
удовлетворительные, п/%	13/18,6	11/11,4
Морфологическая оценка стадий развития зародышей		
Морула ранняя, п/%	13/18,6	18/18,8
Морула поздняя, п/%	17/24,3	19/19,8
Бластоциста ранняя, п/%	22/31,4	32/33,3
Бластоциста поздняя, п/%	18/25,7	27/28,1

Использование эпибрассинолида не оказало негативного воздействия на морфологические показатели эмбриогенеза опытных животных, так как доноры, обработанные по традиционной схеме индукции множественной овуляции, демонстрировали сходные данные, различия при этом были незначительные.

Заключение. Включение эпибрассинолида в схему индукции суперовуляции коров-доноров достоверно повысило выход пригодных к использованию зародышей на 0,5 с одновременным снижением на 0,17 клеток, не пригодных к эмбриотрансплантации. Оплодотворяемость после использования фитогормона увеличилась в среднем на 3,0 п. п. В

связи с этим рекомендуется включение раствора эпибрассинолида в схему гормональной обработки коров-доноров с целью атрезии доминантного фолликула и инициации новой волны роста фолликулов и последующего увеличения выхода эмбрионов, пригодных к трансплантации.

Литература

1. The control of follicular wave development for self-appointed embryo transfer programs in cattle / G. A. Bo, P. S. Baruselli, D. Moreno [et al.] // *Theriogenology*. – 2002. – Vol. 57. – P. 53–72. – DOI: 10.1016/s0093-691x(01)00657-4.
2. Adams, J. P. Comparative patterns of follicle development and selection in ruminants / J. P. Adams // *J. Reprod. Fertil. Suppl.* – 1999. – Vol. 54. – P. 17-32.
3. Selection of the dominant follicles in cattle / O. J. Ginther, M. C. Wiltbank, P. M. Fricke [et al.] // *Biol. Reprod.* – 1996. – Vol. 55. – P. 1187–1194. – DOI: 10.1095/biolreprod55.6.1187
4. Follicular dynamics and plasma FSG and progesterone concentrations during follicular deviation in the first post-ovulatory wave in Nelore (*Bos indicus*) heifers / C. Castilho, J. M. Garcia, A. Renesto [et. al.] // *Animal Reproduction Science*. – 2007. – Vol. 98(3-4). – P. 189-196. – DOI: 10.1016/j.anireprosci.2006.03.008.
5. Follicle selection in cattle: follicle deviation and codominance within sequential waves / L. J. Kulick, D. R. Bergfelt, K. Kot, O. J. Ginther // *Biol. Reprod.* – 2001. – Vol. 65. – P. 839–846. – DOI: 10.1095/biolreprod65.3.839.
6. Mihm, M. The final stages of dominant follicle selection in cattle / M. Mihm, E. J. Austin // *Domest. Anim. Endocrinol.* – 2002. – Vol. 23. – P. 155-166. – DOI: 10.1016/s0739-7240(02)00153-4.
7. Follicle wave growth in cattle / M. Mihm, M. A. Crowe, P. G. Knight, E. J. Austin // *Reprod. Domest. Anim.* – 2002. – Vol. 37. – P. 191-200. – DOI: 10.1046/j.1439-0531.2002.00371.x.
8. Peters, A. R. Studies on the timing of ovulation after synchronisation treatments in cattle / A. R. Peters, M. Benboulaid // *Reprod. Dom. Anim.* – 1998. – Vol. 33. – P. 313-315.
9. Superovulatory response following ablation-induced follicular wave emergence at random stages of the oestrous cycle in cattle / D.R. Bergfelt, G. A. Bo, R. J. Mapletoft, G. P. Adams // *Anim. Reprod. Sci.* – 1997. – Vol.49(1). – P.1-12. – DOI: 10.1016/s0378-4320(97)00064-x.
10. Relationship of fertility to ovarian follicular waves before breeding in dairy cows / D. H. Townson, P. C. W. Tsang, W. R. Butler [et al.] // *J. Anim. Sci.* – 2002. – Vol. 80. – P. 1053-1058. – DOI: 10.2527/2002.8041053x.
11. Bo, G. A. Alternative approaches to setting up donor cows for superstimulation / G. A. Bo, D. C. Guerrero, G. P. Adams // *Theriogenology*. – 2008. – Vol.69(1). – P.81-87. – DOI: 10.1016/j.theriogenology.2007.09.005.
12. Effect of estradiol and progestins on follicular regression before, during and after follicular deviation in postpartum beef cows / L.C. Siqueira, J. F. Oliveira, M. T. Rovani [et al.] // *Theriogenology*. – 2008. – Vol. 71(4). – P. 614-619. – DOI: 10.1016/j.theriogenology.2008.09.024.
13. Comparison of two types of CIDR-based timed artificial insemination protocols for repeat breeder dairy cows / U. H. Kim, G.-H. Suh, T.-Y. Hur [et. al.] // *J. Reprod. Dev.* – 2007. – Vol.53(3). – P.639-645. – DOI: 10.1262/jrd.18147.
14. The effects of administering estradiol benzoate plus progesterone during the growth or static phases of the dominant follicle in CIDR-treated lactating dairy cows / U.H. Kim, G.-H. Suh, T.-Y. Hur [et. al.] // *J. Reprod. Dev.* – 2007. – Vol. 53(3). – P.591-596. – DOI: 10.1262/jrd.18138.
15. Никитин, А. И. Фитоэстрагены / А. И. Никитин // *Проблемы репродукции*. – 2000. – № 3. –

16. Setchel, K. D. Mammalian lignans and phytoestrogens. In Role of the Gut flora in toxicity and Cancer / K. D. Setchel, H. Aldercreutz ; ed. J. Rowland. – London : Academic Press, 1988. 315-345.
17. Price, K. R. Naturally occurring oestrogens in foods-a review / K. R. Price, G. R. Fenwick // Food Addit Contam. – 1985. – Vol. 2(2). – P. 73-106. – DOI: 10.1080/02652038509373531.
18. Aldercreutz, H. Phytoestrogens: epidemiology and a possible role in cancer protection / H. Aldercreutz. Environ Health Perspect. – 1995. – Vol. 103(7). – P. 103-112. – DOI: 10.1289/ehp.95103s7103.
19. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Наука и техника, 1993. – 287 с. – ISBN 5-343-00945-X.
20. Факторы, определяющие созревание ооцитов крупного рогатого скота вне организма / Л. Л. Леткевич, А. И. Ганджа, И. В. Костикова, Е. Д. Ракович // Проблемы повышения эффективности производства животноводческой продукции : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 12-13 окт. 2007 г. / Науч.-практический центр НАН Беларуси по животноводству. – Жодино, 2007. – С. 24-26.
21. Лебедев, С. Г. Рекомендации по применению фитогормона эпибрасинолида при криоконсервировании спермы быков-производителей / С. Г. Лебедев, В. К. Смутнёва, А. И. Будевич. – Витебск : ВГАВМ, 2010. – 19 с.
22. Использование брассиностероидов при стимуляции половой активности и повышении оплодотворяемости коров / А. И. Будевич, С. Н. Пайтеров, Д. А. Шеметков [и др.] // Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы : сб. науч. тр. по материалам II междунар. науч. конф. к 50-летию ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси». Минск, 13-16 окт. 2015 г. / Ин-т генетики и цитологии НАН Беларуси – Минск, 2015. – С. 149.
23. Технология трансплантации эмбрионов в молочном и мясном скотоводстве : мет. рекомендации / Бел. науч.-исслед. ин-т животноводства ; сост. : И. И. Будевич, В. С. Антонюк, Н. Ф. Жук [и др.]. – Жодино, 1996. – 34 с.

Поступила 18.02.2025 г.

УДК 636.2:57.089.32:615.357

С.Н. ПАЙТЕРОВ, Ю.К. КИРИКОВИЧ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛОКСИКАМА И ДЕКСАМЕТАЗОНА В СХЕМАХ ИНДУКЦИИ СУПЕРОВУЛЯЦИИ У КОРОВ-ДОНОРОВ

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

В настоящее время возникает необходимость в совершенствовании схем вызывания суперовуляции у коров с целью увеличения числа животных, реагирующих на вводимые гормональные препараты, и получения от них эмбриоматериала, пригодного для трансплантации. Однако фолликулостимулирующие препараты, используемые для индукции множественной овуляции, не всегда способны вызывать ответную реакцию у животного на вводимый гонадотропин. Поэтому, наряду с гонадотропными, в технологии эмбриотрансплантации

необходимо использовать препараты, обладающие общеукрепляющими, иммуномодулирующими свойствами, действующими на яичники животных опосредованно. В статье представлены результаты исследований, в которых изучалось влияние иммуномодулирующих препаратов мелоксикама и дексаметазона в схемах индукции суперовуляции у коров-доноров. Установлено, что использование растворов данных препаратов в схемах гормональной обработки коров-доноров при индукции полиовуляции не оказывает негативного влияния на морфологический и качественный состав интактных зародышей крупного рогатого скота, позволяет получить больше пригодных к пересадке зародышей и уменьшить количество выбракованных клеток.

Ключевые слова: корова, эструс, жёлтое тело, половая охота, крупный рогатый скот, суперовуляция, мелоксикам, дексаметазон.

S.N. PAITSERAU, Y.K. KIRIKOVICH

EFFICIENCY OF USING MELOXICAM AND DEXAMETHASONE IN SUPEROVULATION INDUCTION REGIMENS FOR DONOR COWS

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

Currently, there is a need to improve the regimens for inducing superovulation in cows in order to increase the number of animals responding to the administered hormonal drugs and to obtain embryonic material from them suitable for transplantation. However, preparations of follicle-stimulating hormone used to induce multiple ovulation are not always capable of causing a response in the animal to the administered gonadotropin. Therefore, in embryo transplantation technology, along with gonadotropins it is necessary to use drugs that have general strengthening and immunomodulatory effects, acting on the ovaries of animals indirectly. The paper contains the results of research aimed at studying the effect of immunomodulatory drugs meloxicam and dexamethasone in superovulation induction regimens for donor cows. It has been established that the use of solutions of these drugs in the hormonal treatment regimens for donor cows during the induction of polyovulation does not adversely affect the morphological and qualitative composition of intact cattle embryos, allows obtaining more embryos suitable for transplantation and reducing the number of rejected cells.

Key words: cow, estrus, yellow body, cattle, superovulation, meloxicam, dexamethasone.

Введение. В настоящее время к коровам-донорам эмбрионов предъявляется ряд требований, одним из которых является их продуктивность, которая должна быть не ниже 11 тысяч кг молока жирностью не менее 3,6 %. У таких животных могут быть отличительные особенности метаболизма и гормонального статуса, что создаёт определённые трудности при работе с ними в виде сбоя ответной реакции организма на

гонадотропины. В связи с этим возникает необходимость в проведении исследований по совершенствованию схем вызывания суперовуляции с целью увеличения числа животных, реагирующих на вводимые гормональные препараты, и получению от них эмбриоматериала, пригодного для трансплантации. Однако фолликулостимулирующие препараты, используемые для индукции множественной овуляции, не всегда способны вызывать ответную реакцию у животного на вводимый гонадотропин.

Вариабельность реакции яичников связана с различиями в индивидуальных особенностях животных и окружающей среды. К этим факторам можно отнести рацион питания, репродуктивный анамнез, возраст, время года, породу, состояние яичников на момент обработки, время начала повторной индукции суперовуляции, иммунологический и гормональный статус, периодичность и стадия полового цикла, и другие. Поэтому, наряду с гонадотропными, необходимо применять препараты, обладающие общеукрепляющими, иммуномодулирующими свойствами, действующими на яичники животных опосредованно – через активизацию обмена веществ, процессы клеточного дыхания, активизацию Т- и В-лимфоцитов, ферментов, желез внутренней секреции (гипофиз, гипоталамус, надпочечники, щитовидная железа и др.). Вместе с тем не менее важно иметь такие качества препарата как относительная безвредность, то есть быстрая утилизация и выведение из организма, высокая терапевтическая эффективность и экономическая доступность. Всеми этими качествами обладают мелоксикам и дексаметазон. Они обладают противовоспалительным, противоаллергическим, десенсибилизирующим, противошоковым, антиоксидантным действиями. Эти препараты повышают возбудимость центральной нервной системы, снижают количество лимфоцитов и эозинофилов, стимулируют выработку эритропоэтинов, взаимодействуют со специфическими цитоплазматическими рецепторами и образуют комплекс, проникающий в ядро клетки и стимулирующий синтез мРНК, которая индуцирует образование белков, в т. ч. липокортина, опосредующих клеточные эффекты. Липокортин угнетает фосфолипазу А₂, подавляет высвобождение арахидоновой кислоты и подавляет синтез эндоперекисей, лейкотриенов, способствующих процессам воспаления, аллергии и др. Повышают синтез высших жирных кислот, увеличивают абсорбцию углеводов из желудочно-кишечного тракта; повышают активность глюкозо-6-фосфатазы, приводящей к повышению поступления глюкозы из печени в кровь; повышают активность фосфоэнолпируваткарбоксилазы и синтез аминокислот, приводящих к активации глюконеогенеза, активизируют ферменты печени, участвующие в метаболизме эндо- и ксенобиотиков [1].

В технологии эмбриотрансплантации применение данных препаратов оказало положительный эффект на созревание ооцит-кумулюсных комплексов коров вне организма [2], пересадку эмбрионов самкам-реципиентам [1, 3] и репродуктивные качества животных [4, 5].

Целью настоящих исследований явилось изучение влияния иммуномодулирующих препаратов мелоксикама и дексаметазона в схемах индукции суперовуляции у коров-доноров.

Материал и методика исследований. Оценка эффективности использования мелоксикама и дексаметазона была проведена сотрудниками лаборатории воспроизводства, трансплантации эмбрионов и трансгенеза животных РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района, СПК «Агрокомбинат Снов» Минской области, п/х «Литвиново» Кобринского района Брестской области.

В качестве доноров эмбрионов использовались клинически здоровые коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции в возрасте от 4 до 8 лет, живой массой 550-650 кг с удоем по наивысшей лактации не ниже 11000 кг молока в год жирностью 3,6 % и более. Для вызывания суперовуляции коровам-донорам инъецировали гонадотропные препараты – ФСГ-супер (Россия) в дозе 50 единиц по Арморовскому стандарту или PLUSET (Испания) в дозе 500 М.Е. ФСГ и 500 М.Е. ЛГ в сочетании с синтетическим аналогом простагландина $F_{2\alpha}$ в дозе 750 мкг. Гонадотропин инъецировали на 9-11-й день полового цикла в течение 4 дней дважды с интервалом между обработками 12 часов при наличии хорошо выраженного жёлтого тела. Контроль охоты проводили дважды в день (утром и вечером) на прогулке животных по наличию рефлекса неподвижности.

Осеменение коров-доноров проводили ректоцервикальным способом дважды с интервалом 10-12 часов, используя заморожено-оттаянную сперму с активностью не ниже 4 баллов. Перед извлечением эмбрионов (на 7-й день после первого осеменения) у животных определяли количество и качество жёлтых тел на яичниках. Основные технологические элементы трансплантации (индукция суперовуляции, извлечение, поиск и оценка эмбрионов) проводили согласно методическим рекомендациям [6]. Кормление животных всех групп осуществлялось по рационам, принятым в хозяйствах.

С целью изучения влияния мелоксикама в комплексе с гонадотропинами на реакцию суперовуляции и выход качественных зародышей у коров-доноров были сформированы две группы – контрольная (n=22) и опытная (n=22). Животных опытной группы, как и контрольной, обрабатывали фолликулостимулирующими гормонами (ФСГ-супер или PLUSET) по схеме, описанной выше. В опытной группе донорам с

инъекцией первой дозы гонадотропных препаратов вводился внутримышечно, однократно раствор мелоксикама в дозе 1,5 мг/кг.

Также существенно важным и требующим детального изучения является вопрос использования и вовлечение в процесс эмбриотрансплантации высокопродуктивных, генетически ценных выбракованных животных. Для изучения влияния раствора дексаметазона в комплексе с гонадотропинами на реакцию полиовуляции и выход качественных эмбрионов у выбракованных коров-доноров было сформировано две группы животных – контрольная (n=10) и опытная (n=11). Самок контрольной группы обрабатывали гонадотропными препаратами согласно дозировкам и кратности введения, описанным выше. Животным опытной группы, наряду с гонадотропными препаратами, вводили раствор дексаметазона в дозе 0,04 мг/кг внутримышечно, однократно с первой инъекцией ФСГ-супер или PLUSET.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследований влияния препарата мелоксикама на показатели индукции полиовуляции и количественный и качественный выход зародышей крупного рогатого скота представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели суперовуляции и эмбриопродуктивности коров-доноров в связи с использованием раствора мелоксикама

Показатели	Контроль	Опыт
Обработано коров, гол.	22	22
Положительных по извлечению доноров, гол./%	18/81,8±8,23	20/90,9±6,13
Реакция суперовуляции, желтых тел	7,40 ± 0,39	8,60 ± 0,43*
В среднем на донора извлечено эмбрионов, всего	6,44 ± 0,31	6,80 ± 0,39
пригодных к использованию	3,44 ± 0,18	3,90 ± 0,19
непригодных к использованию	3,00 ± 0,28	2,90 ± 0,26
дегенерированных и отставших в развитии	1,78 ± 0,35	1,70 ± 0,33
неоплодотворенных яйцеклеток	1,22 ± 0,33	1,20 ± 0,29
Оплодотворяемость, %	81,1	82,4
Выход пригодных эмбрионов, %	53,4±4,63	57,4±4,24

Примечание: *-p≤0,05

Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о позитивном воздействии мелоксикама, включенного в схему гормональной обработки коров доноров на последующую индукцию овуляторного ответа яичников фолликулостимулирующим препаратом. Количество животных, положительно реагировавших на вводимые гонадотропины, в опытной группе составило 90,9 %, что на 9,1 п. п. выше по сравнению с контрольной. Число жёлтых тел в группе животных, получавших

мелоксикам, достоверно увеличилось на 1,2 ($p \leq 0,05$), как и количество эмбрионов, извлечённых в среднем на донора, с 6,44 в контрольной группе до 6,80 в опытной. Отмечено увеличение выхода пригодных к использованию зародышей на 0,46 с одновременным снижением на 0,10 клеток, не пригодных к эмбриотрансплантации, по сравнению с контрольной группой. Оплодотворяемость после использования мелоксикама увеличилась в среднем на 1,3, выход пригодных эмбрионов – на 4,0 п. п.

В таблице 2 представлены результаты исследований морфологического и возрастного состава полученного эмбриоматериала.

Таблица 2 – Показатели качественного состава и стадий развития эмбрионов доноров при использовании мелоксикама в схеме индукции полиовуляции

Показатели	Контроль	Опыт
Количество доноров, гол.	18	20
Качественная характеристика эмбрионов		
Получено пригодных к трансплантации эмбрионов п/%	62/100,0	78/100,0
Отличные, п/%	24/38,7 $\pm$ 6,18	38/48,7 $\pm$ 5,65
Хорошие, п/%	21/33,9 $\pm$ 6,01	24/30,8 $\pm$ 5,22
Удовлетворительные, п/%	17/27,4 $\pm$ 5,66	16/20,5 $\pm$ 4,57
Морфологическая оценка стадий развития зародышей		
Морула ранняя, п/%	11/17,7 $\pm$ 4,84	13/16,7 $\pm$ 4,22
Морула поздняя, п/%	16/25,8 $\pm$ 5,55	18/23,1 $\pm$ 4,77
Бластоциста ранняя, п/%	19/30,7 $\pm$ 5,85	25/32,0 $\pm$ 5,28
Бластоциста поздняя, п/%	16/25,8 $\pm$ 5,55	22/28,2 $\pm$ 5,09

Анализ данных таблицы 2 указывает на положительное влияние и доказывает необходимость включения раствора мелоксикама в схему гормональной обработки коров-доноров с целью последующего увеличения выхода эмбрионов пригодных к трансплантации. Выражается это в том, что в опытной группе клеток «отличного» и «хорошего» качества было на 6,9 п. п. больше, чем в контроле. Отмечена тенденция увеличения количества эмбрионов, оценённых только на «отлично». Разница с контрольной группой составила 10,0 п. п. При этом процент зародышей «удовлетворительного» качества находился на уровне, соответственно, 20,5 и 27,4. Использование мелоксикама не оказало негативного воздействия на морфологические показатели эмбриогенеза опытных животных, так как доноры, обработанные по традиционной схеме индукции множественной овуляции, демонстрировали сходные данные, различия при этом были незначительные.

Результаты исследований влияния раствора дексаметазона (Дексамет 0,4 %), при включении его в схему гормональной обработки

выбракованных коров доноров, на реакцию суперовуляции и выход эмбриоматериала представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Эффективность использования дексаметазона в схеме гормональной обработки выбракованных коров-доноров

Показатели	Контроль	Опыт
Обработано коров, гол.	11	12
Положительных по извлечению доноров, гол./%	10/90,9	11/91,7
Реакция суперовуляции, жёлтых тел	7,50±0,40	9,86±0,77*
В среднем на донора извлечено эмбрионов, всего	6,70±0,79	6,73±0,36
пригодных к использованию	3,60±0,22	3,82±0,46
непригодных к использованию	3,10±0,75	2,91±0,51
дегенерированных и отставших в развитии	1,50±0,40	1,46±0,30
неоплодотворенных яйцеклеток	1,60±0,50	1,45±0,36
Оплодотворяемость, %	76,1	78,5
Выход пригодных эмбрионов, %	53,7	56,8

Анализ полученных данных свидетельствует о целесообразности включения в схему гормональной обработки выбракованных коров-доноров раствора дексаметазона ввиду превосходства животных опытной группы над контрольной по числу доноров, положительных по извлечению на 0,8 п. п., овуляций (9,86 против 7,50, $p \leq 0,05$), а также по количеству пригодных для трансплантации зародышей в среднем на донора (3,82 против 3,60). Оплодотворяемость увеличилась на 2,4 п. п., выход пригодных к трансплантации эмбрионов – на 3,1 п. п.

В таблице 4 отражены результаты оценки пригодного к пересадке биоматериала.

Таблица 4 – Показатели качественного состава и возраста эмбрионов, полученных при использовании дексаметазона в схеме множественной полиовуляции у выбракованных доноров

Показатели	Контроль	Опыт
Количество доноров, гол.	10	11
Качественная характеристика эмбрионов		
Получено пригодных к трансплантации эмбрионов п/%	36/100,0	42/100,0
Отличные, п/%	13/36,1	17/40,5
Хорошие, п/%	12/33,3	15/35,7
Удовлетворительные, п/%	11/30,6	10/23,8
Морфологическая оценка стадий развития зародышей		
Бластоциста поздняя, п/%	8/22,2	11/26,2
Бластоциста ранняя, п/%	9/25,0	10/23,8
Морула поздняя, п/%	10/27,8	12/28,6
Морула ранняя, п/%	9/25,0	9/21,4

Результаты исследований, представленные в таблице 4, доказывают необходимость включения в схему гормональной обработки выбракованных коров-доноров раствора дексаметазона. В опытной группе отмечено увеличения количества эмбрионов «отличного» и «хорошего» качества на 4,1 и 2,4 п. п. при одновременном снижении числа зародышей, отмеченных как «удовлетворительные» на 6,8 п. п. по отношению к контрольной группе.

Использование раствора дексаметазона не оказало негативного воздействия на морфологические показатели эмбриогенеза опытных животных, так как доноры, обработанные по традиционной схеме индукции суперовуляции, демонстрировали сходные данные, различия при этом были незначительные.

Заключение. Можно заключить, что использование растворов мелоксикама и дексаметазона в схемах гормональной обработки коров-доноров при индукции полиовуляции не оказывает негативного влияния на морфологический и качественный состав интактных зародышей крупного рогатого скота, а также позволяет получить, соответственно, 3,90 и 3,82 пригодных к пересадке зародыша, что на 0,46 и 0,22 эмбриона или 4,0 и 3,1 п.п. больше, по сравнению с контролем, уменьшить количество выбракованных клеток на 0,1 и 0,19.

Литература

1. Effect of dexamethasone and hydrocortisone on the course of superovulation in cattle / Z. Ewy, E. Wierchoś, A. Bielański, B. Gajda // *Theriogenology*. – 1985. – Vol. 23(3). – P. 415-420. – DOI: 10.1016/0093-691x(85)90013-5.
2. Effect of dexamethasone on development of in vitro-produced bovine embryos / P. P. Santana, C. M. F. Carvalho, N. N. da Costa [et al.] // *Theriogenology*. – 2014. – Vol. 82(1). – P. 10-16. – DOI: 10.1016/j.theriogenology.2014.02.017.
3. Pre-treatment with Meloxicam Prevents the Spinal Inflammation and Oxidative Stress in DRG Neurons that Accompany Painful Cervical Radiculopathy / S. Kartha, C. L. Weisshaar, B. H. Philips, B. A. Winkelstein // *Neuroscience*. – 2018. – Vol. 388. – P. 393-404. – DOI: 10.1016/j.neuroscience.2018.07.054.
4. Hirsch, A. C. Effects of meloxicam on reproduction parameters in dairy cattle / A. C. Hirsch, H. Philipp // *J. Vet. Pharmacol. Ther.* – 2009. – Vol. 32(6). – P. 566-70. – DOI: 10.1111/j.1365-2885.2009.01109.x.
5. The effect of flunixin meglumine, firocoxib and meloxicam on the uterine mobility of equine embryos / C. T. C. Okada, V. P. Andrade, C. P. Freitas-Dell'Aqua [et al.] // *Theriogenology*. – 2019. – Vol. 123. – P. 132-138. – DOI: 10.1016/j.theriogenology.2018.09.026.
6. Усовершенствованная технология трансплантации эмбрионов в молочном и мясном скотоводстве : мет. рекомендации / А. И. Будевич, И. И. Будевич, Н. Ф. Жук [и др.] ; Науч.-практический центр НАН Беларуси по животноводству. – Жодино, 2010. – 18 с.

Поступила 18.02.2025 г.

О.В. ПАЙТЕРОВА, А.И. БУДЕВИЧ, Л.В. ГОЛУБЕЦ,
С.Н. ПАЙТЕРОВ, Ю.К. КИРИКОВИЧ

ВЛИЯНИЕ ФОРСКОЛИНА В СОСТАВЕ КРИОФИЛАКТИКОВ НА СОХРАННОСТЬ ЗАМОРОЖЕНО-ОТТАЯННЫХ ЭМБРИОНОВ КОРОВ

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

В статье представлены результаты научной работы, целью которой было изучение влияния различных концентраций делипидирующего агента форсколина в составе защитных сред на регенерационную способность заморожено-оттаянных эмбрионов крупного рогатого скота. В ходе исследований установлено повышение криорезистентности заморожено-оттаянных зародышей коров-доноров при использовании защитных сред на основе глицерина, этиленгликоля и диметилсульфоксида с введением в их состав стимулятора липолиза форсколина в концентрации 10 мкМ, позволяющих получить минимальное снижение качества биоматериала (0,36-0,73 балла) и увеличить выход пригодных к трансплантации эмбрионов.

Ключевые слова: криопротектор, криофилактик, зародыш, криоконсервация, биологически активное вещество, форсколин, глицерин, этиленгликоль, диметилсульфоксид

O.V. PAITSERAVA, A.I. BUDEVICH, L.V. GOLUBETS,
S.N. PAITSERAV, U.K. KIRIKOVICH

EFFECT OF FORSKOLIN AS PART OF CRYOPHYLACTICS ON THE VIABILITY OF FROZEN-THAWED COW EMBRYOS

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

This paper contains the results of a scientific work aimed at studying the influence of different concentrations of the delipidating agent forskolin as part of protective media on the regenerative capacity of frozen-thawed cattle embryos. The studies revealed an increase in cryoresistance of frozen-thawed embryos of donor cows when using protective media based on glycerol, ethylene glycol and dimethyl sulfoxide with the introduction of the lipolysis stimulator forskolin at a concentration of 10 μ M, which allows for minimal deterioration in the quality of the biomaterial (0.36-0.73 points) and an increase in the yield of embryos suitable for transplantation.

Key words: cryoprotectant, cryophylactic, embryo, cryopreservation, biologically active substance, forskolin, glycerol, ethylene glycol, dimethyl sulfoxide.

Введение. Внутриклеточные липиды являются структурными элементами плазматических мембран и органелл эмбрионов, входят в состав клеточных сигнальных медиаторов, а также служат одним из основных энергетических источников, способствующих устойчивому росту и развитию эмбрионов вне организма [1]. Вместе с тем имеются данные [2, 3, 4] о повреждающем действии жировой составляющей клетки при её глубоком замораживании.

Одним из возможных способов нивелирования действия указанного негативного фактора на жизнеспособность заморожено-оттаянных зародышей при сверхнизких температурах является трансформирование их липидного содержимого через использование различных биологически активных соединений в составе криозащитных сред [5, 6]. В их числе липолитический агент форсколин, являющийся мощным активатором аденилатциклазы [7]. Его действие на указанный фермент эмбриональных клеток приводит к активации липазы через путь ц-АМФ [8, 9] и далее к частичному снижению содержания внутриклеточных липидов в результате стимулированного расщепления триацилглицеридов, которые гидролизуются до жирных кислот и глицерина. Дополнительное образование глицерина, вероятно, может способствовать повышению устойчивости эмбрионов к криоконсервации, что, в свою очередь, ведёт к росту их восстановительного потенциала после оттаивания.

Целью исследований являлось изучение влияния различных концентраций делипидирующего агента форсколина в составе защитных сред на регенерационную способность заморожено-оттаянных эмбрионов крупного рогатого скота.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в племенных хозяйствах РДУП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского и СПК «Агрокомбинат Снов» Несвижского районов Минской области.

Объектом исследования служили эмбрионы отличного и хорошего качества, полученные от племенных коров-доноров. Перед замораживанием зародыши насыщались криопротекторами, которые служили контролем: 1,4 М раствором глицерина, 1,5 М раствором этиленгликоля, 1,5 М раствором диметилсульфоксида и модифицированными (опыт), в состав которых дополнительно включался форсколин («Sigma-Aldrich», Germany) в концентрации 5, 10 и 25 мкМ. Регенерационный статус деконсервированных эмбрионов определялся под стереомикроскопом с визуальной оценкой их качества.

Результаты исследований и их обсуждение. Данные о качестве оттаянных эмбрионов, замороженных с включением различных концентраций форсколина в криопротекторную среду на основе 1,4 М раствора глицерина, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты морфологической оценки заморожено-оттаянных эмбрионов, подвергнутых криоконсервации с использованием 1,4 М раствора глицерина с форсколином

Показатель		Контроль- ная группа		Опытные группы					
				Форсколин, мкМ					
				5		10		25	
		до заморажива- ния	после оттаивания	до заморажива- ния	после оттаивания	до заморажива- ния	после оттаивания	до заморажива- ния	после оттаивания
Количе- ство эмбрионов	п	9	9	13	13	14	14	13	13
	%	100	100	100	100	100	100	100	100
в том числ по качеству: отличное	п	6	3	8	4	12	7	9	5
	%	66,7	33,3	61,5	30,8	85,7	50,0	69,2	38,5
хорошее	п	3	4	5	6	2	7	4	6
	%	33,3	44,4	38,5	46,2	14,3	50,0	30,8	46,2
удовлетво- рительное	п	-	1	-	2	-	-	-	1
	%	-	11,1	-	15,4	-	-	-	7,7
неудовле- ствитель- ное	п	-	1	-	1	-	-	-	1
	%	-	11,1	-	7,7	-	-	-	7,7
Пригодных к пере- садке	п	9	8	13	12	14	14	13	12
	%	100	88,9	100,0	92,3	100,0	100,0	100,0	92,3
Средний балл		4,67 ±0,17	4,00 ±0,33	4,62 ±0,14	4,0 ±0,25	4,86 ±0,1	4,5 ±0,14	4,69 ±0,13	4,15 ±0,25
Среднее сниже- ние качества эм- брионов после оттаивания		0,67		0,62		0,36		0,54	

Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии липидомодулирующей добавки при замораживании зародышей в комплексе с 1,4 М раствором глицерина. В зависимости от её количества, вводимого в криопротектор, в группе эмбрионов с форсколином установлено преимущество применения делипидирующего агента в концентрации 10 мкМ, которое позволило увеличить на 11,1 п. п., 7,7 и 7,7 п. п. клеток, пригодных для эмбриотрансплантации, на 22,2 п. п., 23,0 и 15,3 п. п. долю биоматериала отличного и хорошего качества, на 8,3 п. п., 8,3 и 2,7 п. п. выход эмбрионов, восстановивших своё первоначальное отличное качество после дефростации, и на 0,31, 0,26 и 0,18 средний показатель снижения жизнеспособности зародышей после оттаивания

по сравнению с контрольной и опытными (5 и 25 мкМ) группами соответственно.

Таким образом, применение комплексной среды на основе глицерина с добавлением делипидирующего агента форсколина в концентрации 10 мкМ способствовало получению 100,0 % пригодных к трансплантации зародышей при выходе 58,3 % эмбрионов отличного качества, сохранивших своё первоначальное развитие после деконсервирования и с минимальным показателем снижения жизнеспособности биоматериала (0,36 балла).

Сохранность оттаянных зародышей, замороженных в 1,5 М растворе этиленгликоля в комплексе с форсколином, представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Качество деконсервированных эмбрионов при комплексном использовании 1,5 М раствора этиленгликоля и форсколина

Показатель		Контрольная группа		Опытные группы					
				Форсколин, мкМ					
				5		10		25	
		до замораживания	после оттаивания	до замораживания	после оттаивания	до замораживания	после оттаивания	до замораживания	после оттаивания
Количество эмбрионов	n	11	11	9	9	19	19	11	11
	%	100	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
в том числе по качеству: отличное	n	5	3	5	2	14	8	9	5
	%	45,5	27,3	55,6	22,2	73,7	42,1	81,8	45,5
хорошее	n	6	6	4	5	5	8	2	4
	%	54,5	54,5	44,4	55,6	26,3	42,1	18,2	36,4
удовлетворительное	n	-	1	-	1	-	2	-	1
	%		9,1		11,1		10,5		9,1
неудовлетворительное	n	-	1	-	1	-	1	-	1
	%		9,1		11,1		5,3		9,1
Пригодных к пересадке	n	11	10	9	8	19	18	11	10
	%	100,0	90,9	100,0	88,9	100,0	94,7	100,0	90,9
Средний балл		4,45 ±0,16	4,0 ±0,27	4,56 ±0,18	3,89 ±0,31	4,74 ±0,1	4,21 ±0,2	4,82 ±0,12	4,18 ±0,3
Среднее снижение качества эмбрионов после оттаивания		0,45		0,67		0,53		0,64	

Данные таблицы свидетельствуют о том, что в опытной группе эмбрионов с добавлением форсколина в концентрации 10 мкМ показатель сохранности оттаиваемых зародышей, соответствующих отличному и хорошему качеству, составил 84,2 %, в то время как в контроле он был ниже на 2,4 п. п. (81,8 %). При других концентрациях делипидирующего агента жизнеспособность биоматериала находилась на уровне или была ниже по сравнению с контрольной группой зародышей.

Применение усилителя липолиза форсколина в концентрации 5 мкМ снизило показатель отличного качества зародышей на 5,1 п. п. (22,2 против 27,3 %), однако введение указанной добавки в количествах 10 и 25 мкМ позволило увеличить выход отличных эмбрионов на 14,8 п. п. (42,1 против 27,3 %) и 18,2 п. п. (45,5 против 27,3 %) соответственно. Применение форсколина в сочетании с 1,5 М раствором этиленгликоля в концентрации 5, 10 и 25 мкМ способствовало снижению качества биоматериала на 0,22, 0,08 и 0,19 балла по сравнению с контролем соответственно. Вместе с тем среднее значение сохранности зародышей после оттаивания в группе с содержанием липидомодулятора 10 мкМ в криопротекторе составило 0,53 баллов, что было ниже на 0,08 балла, чем в контроле.

Таким образом, использование форсколина в концентрации 10 мкМ в составе 1,5 М раствора этиленгликоля позволило получить 94,7 % зародышей, пригодных для эмбриотрансплантации, из которых доля клеток отличного и хорошего качества составила 84,2 %, при этом из них свою первоначальную отличную оценку после оттаивания сохранило 57,1 % биоматериала.

Данные результатов морфологической оценки, представленные в таблице 3, свидетельствуют о том, что замораживание зародышей в 1,5 М растворе диметилсульфоксида с добавлением форсколина оказало положительное влияние на показатели их качества после оттаивания.

Введение в защитную среду дополнительного липидомодулирующего компонента в концентрации 10 мкМ привело к увеличению процента зародышей, сохранивших своё отличное качество после оттаивания, на 7,1 п. п. по сравнению с контролем. При этом средний показатель снижения сохранности эмбрионов во всех опытных группах был ниже, чем в контроле (0,9 балла) и составил в зависимости от концентрации форсколина: 5 мкМ – 0,89, 10 мкМ – 0,73 и 25 мкМ – 0,82 балла.

Использование форсколина в концентрации 10 мкМ в составе защитной среды с диметилсульфоксидом способствовало получению 90,9 % зародышей, пригодных для трансплантации реципиентам, с долей отличных и хороших эмбрионов 72,8 %, из которых своё первоначальное отличное качество сохранили 50,0 % клеток со средним показателем

снижения сохранности биоматериала после оттаивания 0,73 балла.

Таблица 3 – Влияние 1,5М раствора диметилсульфоксида с форсколином на сохранность заморозено-оттаянных зародышей коров

Показатель		Контроль- ная группа		Опытные группы					
				Форсколин, мкМ					
				5		10		25	
		до замора- живания	после оттаивания	до замора- живания	после оттаивания	до замора- живания	после оттаивания	до замора- живания	после оттаивания
Количество эмбрионов	n	10	10	9	9	11	11	11	11
	%	100	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
в том числе по качеству: отличное	n	7	3	6	2	8	4	7	3
	%	70,0	30,0	66,7	22,2	72,7	36,4	63,6	27,3
хорошее	n	3	4	3	4	3	4	4	5
	%	30,0	40,0	33,3	44,4	27,3	36,4	36,4	45,5
удовлетворительное	n	-	1	-	1	-	2	-	1
	%	-	10,0	-	11,1	-	18,2	-	9,1
неудовлетворительное	n	-	2	-	2	-	1	-	2
	%	-	20,0	-	22,2	-	9,1	-	18,2
Пригодных к пересадке	n	10	8	9	7	11	10	11	9
	%	100	80,0	100,0	77,8	100,0	90,9	100,0	81,8
Средний балл		4,7 ±0,1 5	3,8 ±0,3 6	4,67 ±0,1 7	3,78 ±0,3 8	4,73 ±0,1 4	4,0 ±0,3	4,64 ±0,1 5	3,82 ±0,3 3
Среднее снижение качества эмбрионов после оттаивания		0,9		0,89		0,73		0,82	

Закключение. 1. Установлено положительное влияние делипидирующей добавки форсколина в концентрации 10 мкМ в составе криозащитных сред на основе глицерина, этиленгликоля и диметилсульфоксида на криорезистентность заморозено-оттаянных зародышей коров-доноров, выразившееся в повышении выхода пригодных для трансплантации эмбрионов на 11,1, 3,8 и 10,9 п. п. по сравнению с контрольной группой соответственно.

2. Изучение липолитического агента форсколина с содержанием 25мкМ в средах не привело к ожидаемому повышению сохранности эмбрионов после оттаивания. В этой связи целесообразно проведение

дальнейших исследований в направлении снижения концентрации указанного компонента при замораживании зародышей крупного рогатого скота.

Литература

1. Effects of forskolin on cryopreservation and embryo development in the domestic cat / T. Rakhmanova, V. Mokrousova, S. Okotrub [et al.] // *Theriogenology*. – 2023. – Vol. 210(3). – P. 192-198. – DOI: 10.1016/j.theriogenology.2023.07.035.
2. Van Meer, G. Membrane lipids: where they are and how they behave / G. Van Meer, D. Voelker, G. Feigenson // *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* – 2008 – Vol. 9(2). – P. 112-124. – DOI: 10.1038/nrm2330.
3. Quinn, P. A lipid-phase separation model of low-temperature damage to biological membranes / P. A. Quinn // *Cryobiology*. – 1985. – Vol. 22(2). – P. 128–146. – DOI: 10.1016/0011-2240(85)90167-1.
4. The effect of chilling on membrane lipid phase transition in human oocytes and zygotes / Y. Ghetler, Y. Saar, S. Ruth, A. Amir // *Human Reproduction*. – 2005. – Vol. 20(12). – P. 3385–3389. – DOI: 10.1093/humrep/dei236. Epub 2005 Jul 29.
5. Improved survival of vitrified porcine embryos after partial delipidation through chemically stimulated lipolysis and inhibition of apoptosis / H. Men, Y. Agca, L. K. Riley, J. K. Critser // *Theriogenology*. – 2006. – Vol. 66(8). – P. 2008-2016. – DOI: 10.1016/j.theriogenology.2006.05.018.
6. Birth of a domestic cat kitten produced by vitrification of lipid polarized in vitro matured oocytes / J. Galiguis, M. C. Gómez, S. P. Leibo, C. E. Pope // *Cryobiology*. – 2014. – Vol. 68(3). – P. 459-466.
7. Seamon, K. B. Forskolin: unique diterpene activator of adenylate cyclase in membranes in intact cells / K. B. Seamon, W. Padgett, J. W. Daly // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 1981. – Vol. 78. – P. 3363–3367. – DOI: 10.1073/pnas.78.6.3363.
8. Honnor, R. C. cAMP-dependent protein kinase and lipolysis in rat adipocytes. II. Definition of steady-state relationship with lipolytic and antilipolytic modulators / R. C. Honnor, G. S. Dhillon, C. Londos // *J. Biol. Chem.* – 1985. – Vol. 260. – P. 15130–15138.
9. Stralfors P, Belfrage P. Phosphorylation of hormone-sensitive lipase by cyclic AMP-dependent protein kinase. *J Biol Chem* 1983; 258:15146–15152. – DOI: [10.1016/S0021-9258\(17\)43785-9](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(17)43785-9)

Поступила 3.03.2025 г.

УДК 636.1.082.12 (476)

А.Н. РУДАК, Ю.И. ГЕРМАН, А.И. ГЕРМАН, Д.О. КАЗЬМИН

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ГЕНОФОНДНЫХ ПОРОД ЛОШАДЕЙ, РАЗВОДИМЫХ В БЕЛАРУСИ

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

В настоящее время сегодняшний день проблема сохранения генетических ресурсов домашних животных стала одной из самых актуальных в мире. В связи

с этим, исследования, направленные на контроль генетических процессов в малочисленных популяциях, необходимых для выявления резервов повышения генетического разнообразия, имеют научное и практическое значение для сохранения и восстановления исчезающего и уникального генофонда разводимых в Беларуси пород лошадей. В ходе исследований изучен аллелофонд генофондных пород лошадей республики (белорусская упряжная и русская тяжеловозная породы, полесская популяция упряжных лошадей). Установлено, что все они характеризуются высоким уровнем генетического разнообразия. Общее число аллелей по 17 STR-локусам колеблется от 123 (лошади полесской популяции) до 149 (белорусская упряжная порода), что является довольно высоким показателем. В каждой из пород выявлены «приватные» аллели. У лошадей белорусской упряжной и полесской популяции идентифицирован редкий ($q < 0,05$), так называемый «короткий» аллель В, характерный для верховых пород. Полученные результаты позволили оценить генетический полиморфизм в отечественной популяции генофондных пород лошадей, обеспечивающий эффективность его использования при составлении планов племенного подбора.

Ключевые слова: лошади, белорусская упряжная порода, русская тяжеловозная порода, полесская популяция упряжных лошадей, аллели, STR-локусы, полиморфизм.

A.N. RUDAK, Y.I. HERMAN, A.I. HERMAN, D.O. KAZMIN

GENETIC RESOURCES OF SMALL-NUMBERED HORSE BREEDS BRED IN BELARUS

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus

Nowadays, the problem of conservation of genetic resources of domestic animals has become one of the most urgent in the world. In this regard, research aimed at monitoring genetic processes in small-numbered populations, necessary to identify reserves for increasing genetic diversity, are of scientific and practical importance for the conservation and restoration of the endangered and unique gene pool of horse breeds bred in Belarus. In the course of the research, the allele pool of small-numbered horse breeds of the republic (Belarusian draft and Russian heavy draft breeds, Polesye population of draft horses) has been studied. It has been established that all of them are characterized by a high level of genetic diversity. The total number of alleles for 17 STR loci ranges from 123 (horses of Polesye population) to 149 (Belarusian draft breed), which is quite a high figure. In each of the breeds, “private” alleles have been identified. A rare ($q < 0.05$), so-called “short” allele B, characteristic of riding breeds, has been identified in horses of the Belarusian draft and Polesye populations. The obtained results allowed us to estimate genetic polymorphism in the domestic population of small-numbered breeds of horses, providing the efficiency of its use when making plans for pedigree selection.

Key words: horses, Belarusian draft breed, Russian heavy draft breed, Polesye population of draft horses, alleles, STR loci, polymorphism.

Введение. На сегодняшний день проблема сохранения генетических ресурсов домашних животных стала одной из самых актуальных в мире. Под давлением экономических факторов наблюдается процесс вытеснения с животноводческого рынка местных универсальных пород, что, конечно же, сопровождается трансформацией их генетической структуры. Причиной является их неконкурентоспособность по производительности со специализированными заводскими породами, крайне малая численность животных каждой породы, что в дальнейшем приводит к вынужденному инбридингу, при этом происходит дальнейшее сужение генетической изменчивости [1, 2, 3]. Поэтому одним из приоритетных направлений является изучение состояния генетически ценных малочисленных пород, имеющих редкие хозяйственно полезные качества и другие фенотипические признаки [4].

В Республике Беларусь согласно Постановлению Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 30.08.2013 № 42 (в редакции постановления Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 17.08.2022 № 85) «Зоотехнические правила о порядке создания и использования генофондных стад, банков спермы и эмбрионов» белорусская упряжная, русская тяжеловозная породы, а также полесская популяция упряжных лошадей отнесены к генофондной или малочисленной популяции, поэтому важным является сохранение и увеличение маточного поголовья в хозяйствах, занимающихся их разведением [5]. Каждая из этих пород уникальна с точки зрения генетического набора. Сохранение этих генетических различий важно для поддержания биологического разнообразия в целом. Это обеспечивает устойчивость генофонда не только к изменяющимся факторам окружающей среды, но и к различным заболеваниям, вызываемым внешними патогенами, сформированную вследствие естественного отбора [6, 7].

В связи с вышеизложенным, исследования, направленные на контроль генетических процессов в малочисленных популяциях, которые важны и необходимы для выявления резервов повышения генетического разнообразия с помощью современных достижений генетики, актуальны, имеют научное и практическое значение для сохранения и восстановления исчезающего и уникального генофонда разводимых в Беларуси пород лошадей.

Цель исследований – оценить аллелофонд белорусской упряжной, русской тяжеловозной пород, полесской популяции упряжных лошадей по 17 STR-локусам, выявить резервы повышения их генетического разнообразия.

Материал и методика исследований. Исследования выполнялись в субъектах племенного коневодства (ОАО «Агрокомбинат «Мир»,

ОАО «СГЦ «Вихра», КСУП «Тепличное», ГУ «ПГРЭЗ», ГП «Жодино-АгроПлемЭлита», ОАО «Полесская нива», ОАО «Городокский») по разведению лошадей белорусской упряжной, русской тяжеловозной пород и полесской популяции упряжных лошадей. В указанных хозяйствах отобрано следующее количество проб биологического материала (волосыные луковички) для проведения ДНК-анализа: белорусская упряжная – 50, русская тяжеловозная – 38, полесская популяция упряжных лошадей – 34.

ДНК анализ проводился в лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» согласно методике мультиплексного генотипирования образцов ДНК лошадей по 17 микросателлитным локусам, рекомендованным ISAG, и включал следующие основные этапы: получение препаратов ДНК из биоматериала, проведение ПЦР, электрофоретическое фракционирование полученных в результате проведения ПЦР амплифицированных фрагментов ДНК, интерпретацию результатов [8].

Особенности аллелофонда определялись по частоте встречаемости аллелей в локусах микросателлитов ДНК, наличию специфических для популяции аллелей – «приватных» [9].

Результаты оценки обработаны биометрически на ПК с применением Microsoft Excel с надстройкой GenAlEx 6.5.

Результаты исследований и их обсуждение. При анализе результатов тестирования по микросателлитным локусам ДНК установлено, что аллелофонд популяций генофондных пород лошадей, разводимых в республике, довольно разнообразен (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Аллелофонд лошадей белорусской упряжной породы по 17 STR-локусам

Локус	Количество аллелей в локусе	Общее число аллелей	Типичные аллели	Приватные и редкие аллели
1	2	3	4	5
АНТ4	11	9	O, J, H, I, M	K, P, S, L
АНТ5	15	9	K, M, N, J, O, L	H, I, P
ASB2	14-16	8	K, M, Q, P, N, O, I	B
ASB17	12-19	15	N, R, P, M, K	G, O, H, F, J, Q, S, I, X*, L
ASB23	9-16	8	K, L, U, J, S, I	H, T
CA425	11	11	N, O, M, I, J	H, F, G, E, L, P
HMS1	8	7	J, M, K	I, L, N, Q
HMS2	13	8	K, L, M, I	R, H J, N
HMS3	14	10	N, O, P, I, M, J, Q, S, R	T

1	2	3	4	5
HMS6	9	7	M, P, O, L	K, N, R
HMS7	11	6	L, O, J, K, M, N	-
HTG4	12	8	K, M, P, L, O	J, Q, N
HTG6	13	7	G, J, O, I	M, P, N
HTG7	8-10	5	K, N, O, M	P
HTG10	14	10	K, O, R, L, M, N	I, S, Q, P
LEX3	14	11	L, M, N	O, I, P, H, K, R, F, Q*
VHL20	13	10	M, N, R, I, Q, O, P	L, J, K*
Всего:	-	149	-	-

Примечание: здесь и далее * - приватные аллели пород лошадей

Таблица 2 – Аллелофонд лошадей русской тяжеловозной породы и полесской популяции упряжных лошадей по 17 STR-локусам

Локус	Русская тяжеловозная			Полесская популяция		
	общее число аллелей	типичные аллели	приват- ные и редкие аллели	общее число аллелей	типичные аллели	приват- ные и редкие аллели
1	2	3	4	5	6	7
АНТ4	8	O, J, K, I	P, L, M, N	7	O, J, H, P, N	K, R
АНТ5	9	N, K, J, O, I, L	M, U*, H	8	N, J, O	M, K, I, L, Q
ASB2	7	K, M, Q, P, N	O, I	7	K, M, N, Q, I	B, R
ASB17	12	N, R, M, J, Q	P, H, F, S, I, K, L	12	N, R, O, K, J, Q, S, L	G*, M, F, I
ASB23	10	K, L, U, J, S	G, F, H, T, V*	7	N, L, O, M, J, G	F
CA425	10	N, P, I, H, J, F, L, E	O, M	7	N, L, O, M, J, G	F
HMS1	6	M, I, L	J, G, K	6	J, M, N	I, L, K
HMS2	10	K, L, M, R, H, I	J, F*, G*, N	8	K, L, H, J, I	M, R, O
HMS3	11	L, N, P, I, J, Q, S, R, K	M, T	7	N, O, P, Q	I
HMS6	6	M, P, K, O, L	Q	5	M, P, O, L	K
HMS7	6	L, J, K, M, N	O	7	L, O, J, M, Q	K, N
HTG4	8	K, M, P, L, O	Q, N, H	6	M, P, L, O, N	K
HTG6	7	J, O, I	G, R, N, K	6	G, J, O, I	P, N

1	2	3	4	5	6	7
HTG7	7	K, N, O, M, I	L, H	4	K, N, O, M	
HTG10	8	I, K, O, R, M, N	P, J	9	K, O, R, L, M, P	I, S, N
LEX3	8	O, L, M, P, N, K, F	I	8	O, L, M, P, N, F	H, K
VHL20	9	M, R, Q, O	N, I, L, P, J	9	M, Q, L, O, P, J	N, R, I
Всего:	142	-	-	123	-	-

Анализ общего числа аллелей в локусах микросателлитов ДНК показал, что наибольшее их количество идентифицировано у лошадей белорусской упряжной породы – 149, с колебаниями по локусам в интервале от 5 до 15. Выявлено 123 аллеля у лошадей полесской популяции (от 4 до 12 в разрезе локусов), у лошадей русской тяжеловозной породы – 142 с колебаниями от 6 до 12.

Наиболее полиморфными у лошадей белорусской упряжной породы были локусы ASB17 (15 аллелей из 19 зарегистрированных), CA425 (11 из 11) и LEX3 (11 из 14). Наименее полиморфным был локус HTG7 (5 аллелей из 10 зарегистрированных). У лошадей русской тяжеловозной породы в локусе ASB17 выявлено 12 аллелей из 19 зарегистрированных. В локусах HMS1, HMS6, HMS7 обнаружено меньше всего вариантов аллелей – 6 из 8, 6 из 9 и 6 из 11 соответственно. У лошадей полесской популяции наиболее полиморфным являлся локус ASB17 (12 аллелей из 19 зарегистрированных).

Установлено, что общее число выявленных аллелей в локусе АНТ4 составило: у лошадей белорусской упряжной породы – 9, русской тяжеловозной – 8, полесской популяции – 7. Типичными ($q > 0,05$) для каждой из исследуемых пород являются аллели О и J, а также аллель I для белорусской упряжной и русской тяжеловозной пород. К общим редким ($q < 0,05$) аллелям у этих пород относятся Р и L. У лошадей полесской популяции достаточно редким является аллель К, частота встречаемости которого составляет $0,014 \pm 0,01$. Интересным является тот факт, что у лошадей полесской популяции в локусе АНТ4 отсутствует аллель I, являющийся типичным для остальных исследуемых пород.

Типичными для локуса АНТ5 у лошадей всех трёх пород являются аллели J, N, O ($q > 0,05$). В данном микросателлитном локусе уникальный («приватный») – аллель U, идентифицированный у лошадей русской тяжеловозной породы, частота встречаемости которого составила $0,013 \pm 0,01$.

Выявлено, что в генотипах генофондных пород в локусе ASB2 часто обнаруживаются аллели К, М, N, Q. У лошадей белорусской упряжной

(ОАО «Полесская нива») и полесской популяции (ОАО «Городокский») идентифицирован редкий ($q < 0,05$), так называемый «короткий» аллель В, характерный для верховых пород. Это свидетельствует о том, что в дальних рядах родословной у этих лошадей присутствовали быстроаллюрные предки.

Локус ASB17 у протестированных животных является наиболее полиморфным. Из 15 идентифицированных аллелей у лошадей белорусской упряжной породы, 5 являются типичными (N, R, P, M, K), а 10 – редкими ($q < 0,05$) для популяции в целом. В субпопуляции лошадей белорусской упряжной породы ГП «ЖодиоАгроПлемЭлита» из редких аллелей встречаются G, H, F, I, S, у лошадей ОАО «Полесская нива» – Q, F, L, I, X, ОАО «А/к «Мир» – J, F, I, G, S. У лошадей двух оставшихся исследуемых пород типичными кроме аллелей N и R являются: в русской тяжеловозной породе – M, J, Q, полесской популяции – O, K, J, Q, S, L. В данном локусе у животных ОАО «Полесская нива» Столинского района выявлен уникальный аллель X ($0,012 \pm 0,01$), а у лошадей ОАО «Городокский» – G ($0,014 \pm 0,01$).

В локусе ASB23 типичные для всех пород K, L, U, S аллели, редкие для лошадей белорусской упряжной породы – H и T, русской тяжеловозной породы – G, F, H, T, полесской популяции лошадей – J, T. У лошадей русской тяжеловозной породы аллель V с частотой встречаемости $0,053 \pm 0,026$, являющийся типичным для данной популяции – «приватный», не выявленный в пределах других субпопуляций этой породы.

Установлено, что у лошадей белорусской упряжной породы в микросателлитном локусе CA425 идентифицировано 11 аллелей, что соответствует их максимальному числу, описанному в литературе [3]. Из них 5 являются типичными – N, O, M, I, J; 6 – редкими – H, F, G, E, L, P. Аллели N и J являются характерными и для лошадей русской тяжеловозной породы, и для полесской популяции. К числу редких аллелей в указанном локусе относятся O, M – у русской тяжеловозной породы, F – у полесских лошадей.

Определено, что в локусе HMS1 было протипировано от 6 (русская тяжеловозная, полесская популяция) до 7 различных аллелей (белорусская упряжная). Типичным для всех исследуемых пород лошадей является аллель M, который явно доминирует (частота встречаемости $0,471 \pm 0,06 - 0,786 \pm 0,03$), а редким – аллель K ($0,026 \pm 0,02 - 0,044 \pm 0,02$).

В микросателлитном локусе HMS2 у лошадей русской тяжеловозной породы идентифицировано 10 различных аллелей, в отличие от других пород, у которых их выявлено 8. Из них четыре аллеля – K, L, H и I характерны для лошадей всех исследуемых популяций. У белорусской упряжной породы и полесских лошадей доминирует аллель H ($0,324 \pm 0,06 - 0,394 \pm 0,03$). В русской тяжеловозной породе чаще всего

встречается аллель I ($0,368 \pm 0,06$). Здесь же выявлены два «приватных» аллеля – F и G с частотой встречаемости $0,013 \pm 0,01$. Оба аллеля обнаружены в генотипе кобылы Плата 10, 2018 г.р. (Пароль 54-Поэзия 20) из ГУ «ПГРЭЗ».

У лошадей русской тяжеловозной породы локус HMS3 насчитывает 11 вариантов аллелей, что на 1 аллель больше, чем у лошадей белорусской упряжной породы (10 аллелей) и на 4 – полесских (7 аллелей). Типичными в указанном локусе для всех исследуемых пород являются аллели – N, P, I, Q, R. У лошадей белорусской упряжной породы выявлен один редкий аллель T, частота встречаемости которого составила $0,004 \pm 0,01$, русской тяжеловозной – аллели M и T также являются редкими ($q < 0,05$).

Установлено, что микросателлитные локусы HMS6, HTG6 и HTG7 являются наименее полиморфными, за исключением локуса HTG7 у лошадей русской тяжеловозной породы, у которой здесь протипировано 7 различных аллелей. Типичные, одинаковые для всех пород, аллели для локусов HMS6, HTG4 – M, P, O, L, для HTG7 – K, N, O, M. Редкие в выделенных локусах аллели для белорусской упряжной породы – K, N, R (HMS6), J, Q, N (HTG4), аллель P в локусе HTG7; для русской тяжеловозной породы – аллель Q в локусе HMS6, H, N, Q (HTG4) и L, H в локусе HTG7; для полесской популяции упряжных лошадей – аллель K (HMS6, HTG4).

Локусы HTG6 и HMS7 не отличались разнообразием типичных аллелей у исследуемых популяций. Типичными в локусе HMS7 для всех пород являются J, L, M ($q > 0,05$), в локусе HTG6 – аллели J, I, O (русская тяжеловозная порода) и G, J, I, O (белорусская упряжная и полесская).

Высокий уровень генетического разнообразия выявлен в локусе HTG10, где зарегистрировано от 8 вариантов аллелей у лошадей русской тяжеловозной породы и до 10 – у белорусской упряжной породы. Среди них наиболее распространённые у лошадей русской тяжеловозной породы аллели M ($0,382 \pm 0,06$) и O ($0,211 \pm 0,05$). Среди лошадей полесской популяции преобладали аллели O ($0,324 \pm 0,06$) и P ($0,191 \pm 0,05$). У лошадей белорусской упряжной породы также доминировали аллели M (частота встречаемости $0,298 \pm 0,03$) и O ($0,163 \pm 0,02$). Наиболее редкими ($q < 0,05$) у лошадей белорусской упряжной породы являются выделенные аллели I, S, P, Q, русской тяжеловозной – J и P, полесской популяции упряжных лошадей – I, N, S.

В локусе VHL20 было выявлено наибольшее число аллелей (10) у лошадей белорусской упряжной породы. Типичные для данного локуса, представленные во всех изученных породах, это M, O и Q. Одним из наиболее редких, отсутствующим у русской тяжеловозной породы и полесской популяции, является аллель K, идентифицированный у

белорусских упряжных лошадей, с частотой встречаемости $0,004 \pm 0,01$. По данным Блохиной Н.В., указанный аллель выявлен только в тувинской и першеронской породах, у которых он также относится к редким, а у першеронов – к «приватным» [10].

При тестировании лошадей генофондных пород в локусе LEX3 выявлено от 8 до 11 вариантов аллелей из 14 зарегистрированных (по 8 – у лошадей русской тяжеловозной и полесской популяции, 10 – у лошадей белорусской упряжной породы). Лошади белорусской упряжной породы характеризуются наличием «приватного» аллеля Q, отличающегося относительно высокой частотой встречаемости $0,075 \pm 0,02$. Животные с указанным аллелем в генотипе принадлежат ОАО «А/к «Мир». Типичные для генетической структуры этой породы также аллели L, M, N и Q ($q > 0,05$). Из 11 выявленных аллелей 7 являются редкими ($q < 0,05$) – O, I, P, H, K, R, F. Аллели L, M, N наиболее характерны для животных русской тяжеловозной породы и полесской популяции упряжных лошадей. Редкие – аллель I в русской тяжеловозной породе, H и K – у полесских лошадей.

Проведённые исследования позволили изучить генофонд исследуемых популяций и определить, что каждая из них имеет характерную генетическую структуру с наличием как типичных, так и уникальных аллелей.

Заключение. Результаты оценки генофондных пород лошадей республики по 17-STR локусам подтвердили, что в отличие от верховых лошадей аллелофонд их довольно разнообразен.

Все породы характеризуются высоким уровнем генетического разнообразия. Общее число аллелей по 17 STR-локусам колеблется от 123 (лошади полесской популяции) до 149 (белорусская упряжная порода), что является довольно высоким показателем.

Анализ общего числа аллелей показал, у лошадей белорусской упряжной породы отмечено колебание по локусам в интервале от 5 до 15, у лошадей полесской популяции – от 4 до 12, у лошадей русской тяжеловозной породы – от 6 до 12. В каждой из пород определены «приватные» аллели – аллели, не выявленные в других сравниваемых породах. Для лошадей русской тяжеловозной породы – это аллель U в локусе ANT5, частота встречаемости которого составила $0,013 \pm 0,01$, аллель V локусе ASB23 с частотой встречаемости $0,053 \pm 0,026$, являющийся типичным для данной популяции, в локусе HMS2 выявлены два «приватных» аллеля – F и G с частотой встречаемости $0,013 \pm 0,01$ (обнаружены в генотипе кобылы Плата 10, 2018 г.р. (Пароль 54-Поэзия 20) из ГУ «ПГРЭЗ»).

«Приватными» у протестированных лошадей белорусской упряжной породы являются: аллель X в локусе ASB17 с частотой

встречаемости $0,012 \pm 0,01$ (данный аллель выявлен только у животных ОАО «Полесская нива» Столинского района); T – в локусе HMS3 частота встречаемости которого составила $0,004 \pm 0,01$; аллель K ($0,004 \pm 0,01$) в локусе VHL20. Лошади породы также характеризуются наличием уникального аллеля Q в локусе LEX3, отличающегося относительно высокой частотой встречаемости $0,075 \pm 0,02$. Животные с указанным аллелем в генотипе принадлежат ОАО «А/к «Мир» Барановичского района.

У лошадей белорусской упряжной и полесской популяции идентифицирован редкий ($q < 0,05$), так называемый «короткий» аллель B, характерный для верховых пород. Это свидетельствует о том, что в дальних рядах родословной у этих лошадей присутствовали быстроаллюрные предки. «Приватным» для лошадей полесской популяции является аллель G ($0,014 \pm 0,01$) в локусе ASB17.

Полученные результаты позволили оценить генетический полиморфизм в отечественной популяции генофондных пород лошадей, обеспечивающий эффективность его использования при составлении планов племенного подбора.

Литература

1. The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture / ed. B.D. Scherf & D. Pilling ; FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. – Rome, 2015. – 564 p. – ISBN 978-92-5-108820-3. – URL: <https://www.fao.org/4/i4787e/i4787e00.pdf> (дата обращения 12.01.2025).
2. Царева, М. А. Генетическая сертификация лошадей тяжелоупряжных пород / М. А. Царева, А. В. Борисова, Н. В. Блохина // Коневодство и конный спорт. – 2024. – № 2. – С. 22-26. – DOI: 10.25727/HS.2024.2.60838
3. Зайцева, М. А. Сохранение генофонда отечественного коневодства / А.М. Зайцев, Л.А. Храброва // Коневодство и конный спорт. – 2016. - № 2. – С. 4-6.
4. Рациональное использование генофонда ценных пород животных с целью сохранения биологического разнообразия / М. Б. Улимбашев, В. В. Кулинцев, М. И. Селионова [и др.] // Юг России: экология, развитие. – 2018. – Т. 13, № 2. – С. 165-183. – DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-165-183.
5. Зоотехнические правила о порядке создания и использования генофондных стад, банков спермы и эмбрионов : Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 30.08.2013 № 42 (в редакции постановления Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 17.08.2022 № 85) // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – URL: <https://mshp.gov.by/ru/zootehpravila-ru/view/zootexnicheskie-9752/> (дата обращения 22.01.2025 г.).
6. Ling, Y.H. Evaluation of the genetic diversity and population structure of Chinese indigenous horse breeds using 27 microsatellite markers / Y.H. Ling, Y. H. Ma, W. J. Guan [et al.] // Animal Genetics. – 2011. – Vol. 42(1). – P. 56-65. – DOI: 10.1111/j.1365-2052.2010.02067.x.
7. Генетическое маркирование, сохранение биоразнообразия и проблемы разведения животных / Н. С. Марзанов, Д. А. Девришов, С. Н. Марзанова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – Т. 46, № 2. – С. 3-14.
8. Технология генотипирования лошадей по микросателлитным локусам ДНК / И. П. Шейко, Н. В. Журина, А. И. Ганджа [и др.] ; Науч.-практический центр НАН Беларуси по

животноводству. – Жодино, 2016. – 18 с.

9. Методы генетической сертификации лошадей по полиморфным системам крови : мет. указания / ГНУ ВНИИК ; сост. Л. А. Храброва [и др.]. – Дивово, 2010. – 73 с. – ISBN 978-5-9908149-8-1

10. Блохина, Н. В. Использование ДНК-маркеров для идентификации, сохранения и развития генетических ресурсов коневодства Российской Федерации : дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.07 / Н. В. Блохина ; ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства». – Дивово, 2022. – 271 с.

Поступила 12.03.2025 г.

УДК 636.32.082.2(476)

С.В. СЕМЧЕНКО

ОЦЕНКА ОВЕЦ ПОЛУТОНКОРУННЫХ ПОРОД БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЛИНЕЙНЫХ ПРОМЕРОВ

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

Обязательным элементом селекционных мероприятий является систематическая оценка баранов-производителей по качеству потомства, позволяющая использовать для репродукции животных, которые гарантированно дают потомство лучшего качества в зависимости от выбранного направления селекции. В статье приведены результаты исследований, целью которых было провести оценку овец полутонкорунных пород белорусской селекции, используя усовершенствованные подходы к этому процессу. В ходе работы обоснованы требования к наиболее рациональному выполнению зоотехнических мероприятий по оценке племенных овец, содержащие перечень контролируемых параметров для полутонкорунного овцеводства, и к показателям их продуктивности. Внедрение усовершенствованных зоотехнических правил обеспечит повышение точности и достоверности оценки овцепоголовья, позволит в раннем возрасте прогнозировать качество особи по её фенотипу, на 8-12 % увеличить стоимость реализуемого племенного молодняка и на 10-15 % сократит затраты на содержание низкопродуктивных аналогов.

Ключевые слова: морфометрические показатели, линейные промеры, фенотип, экстерьер, племенной молодняк, экстерьерно-конституциональное развитие, овцематки, индекс племенной ценности, бараны-производители.

EVALUATION OF SEMIFINE-WOOL SHEEP BREEDS OF BELARUSIAN SELECTION ON THE BASIS OF ANALYSIS OF LINEAR MEASUREMENTS

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

A mandatory element of selection activities is the systematic progeny testing of stud rams, which allows using for reproduction those animals that are guaranteed to produce offspring of the best quality depending on the selection direction chosen. The paper contains the results of research aimed at evaluating semifine-wool sheep breeds of Belarusian selection, using improved approaches to this process. In the course of the work, the requirements for the most rational implementation of zootechnical measures for evaluation of pedigree sheep, containing the list of controlled parameters for semifine-wool sheep breeding, and for their productivity indicators have been substantiated. The introduction of improved zootechnical rules will ensure increased accuracy and reliability of sheep herd evaluation, will allow predicting the quality of an individual based on its phenotype at an early age, will increase the cost of marketable pedigree young stock by 8-12 % and will reduce the costs of keeping low-productive comparables by 10-15 %.

Keywords: morphometric indicators, linear measurements, phenotype, exterior, pedigree young stock, exterior and constitutional development, ewes, estimated breeding value (EBV), stud rams.

Введение. В условиях интенсификации овцеводства в Республике Беларусь в свете принятия новых законодательных актов, направленных на совершенствование племенной работы в животноводстве, обеспечение конкурентоспособности и востребованности племенных овец полутонкорунных пород приобретает особую актуальность. Соответствие современным требованиям, предъявляемым к племенным животным, является ключевым фактором развития производства овцеводческой продукции в предприятиях различных форм собственности и ведомственной подчиненности [1, 2].

Результаты исследований в области овцеводства свидетельствуют о насущной необходимости разработки новых зоотехнических показателей и методов оценки овец полутонкорунных пород белорусской селекции. Это позволит увеличить производство овцеводческой продукции и удовлетворить растущий спрос общества на высококачественные натуральные изделия из овечьей шерсти и мяса [3].

Племенная работа является ключевым фактором повышения продуктивности в овцеводстве. Особое значение в селекционном процессе имеет оценка баранов-производителей по качеству потомства,

поскольку от её достоверности зависит эффективность совершенствования стада. Такой подход обеспечивает отбор особей, стабильно передающих потомству целевые хозяйственно-полезные признаки в соответствии с выбранным направлением селекции [4, 5, 6].

В рамках данного исследования были проанализированы методы селекционно-племенной работы, направленные на повышение конкурентоспособности племенных овец. Полученные результаты позволяют обосновать оптимальные стратегии отбора, обеспечивающие соответствие животных современным требованиям вне зависимости от типа хозяйства и формы собственности

Материалы и методика исследований. Научно-исследовательские работы выполнялись в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», РУП «Витебское племпредприятие», ОАО «Жеребковичи», КФХ «Виллия-агро», КСУП «Хвиневи́чи» и ИООО «Истерн Шип».

Исследования, включающие зоотехнические мероприятия и действия по оценке племенных овец, содержащие перечень контролируемых параметров и признаков для мясо-шерстного овцеводства, проводились на чистопородных животных (бараны-производители, овцематки и ярки старше года), завезённых по импорту и разводимых в стране пород тексель, суффолк, мериноландшаф, иль-де-франс, использовавшихся в племенной работе с 2017 года.

В формируемые селекционные стада отбирали животных, оценённых по происхождению, промерам, экстерьеру и живой массе. Живая масса взрослых животных и племенного молодняка определялась индивидуально путём взвешивания на электронных весах с точностью до 0,1 кг. При оценке продуктивных и племенных качеств производящего состава овец учитывалось экстерьерно-конституциональное развитие каждой особи. Отбор осуществлялся в соответствии с утверждённой ранее методикой [7].

Полученные результаты исследований обработаны биометрически с использованием компьютерной программы MS Excel. Разница между группами считалась достоверной при уровне значимости $*P \leq 0,05$, $**P \leq 0,01$, $***P \leq 0,01$ согласно методике с учётом минимальных требований к оценке линейно-ростовых промеров овец полутонкорунных пород белорусской селекции, утверждённых Зоотехническими правилами, которые разрабатывались с учётом нормативной базы «Племенное животноводство» государств-членов Евразийского экономического союза [4, 8, 9].

Результаты исследований и их обсуждения. Немаловажное значение и внимание в селекции уделяется изучению телосложения разводимых овец, т. к. по нему можно прогнозировать уровень продуктивности,

конституцию, крепость и здоровье животных.

Для разработки минимальных требований к показателям продуктивности овец полутонкорунных пород, объективной оценки и характеристики экстерьерно-конституциональных особенностей производящего состава овец проведены измерения линейных промеров, представленных в таблице 1.

Анализ данных показал, что живая масса у баранов-производителей была ниже стандарта на 1,49-10,44 кг, у маток – на 2,62-9,68 кг (за исключением маток мериноландшафа +7,86 кг). По остальным показателям экстерьерно-конституционального развития животные в основном соответствовали требованиям породного стандарта по направлениям продуктивности. Однако по обхвату пясти, за исключением баранов породы иль-де-фрас (+0,38 см), также установлено снижение показателя к стандарту породы на 0,28-1,41 см; у маток пород суффолк и тексель отмечено незначительное снижение на 0,08-0,17 см, а у иль-де-франса и мериноландшафа увеличение на 0,32-0,42 см.

Следует отметить, что развитие организма и отдельных его особенностей всегда является результатом взаимодействия генотипа и условий содержания. Наследуется не готовый признак, а определённый тип реакции развивающегося организма или норма реакции на условия среды. В данных исследованиях установлено, что реакция одного и того же организма на изменяющиеся условия, т. е. его фенотипические особенности, была неодинаковой. Из этого следует, что в изменяющейся среде один и тот же генотип реализуется по-разному, так как развитие управляется генами, проявляющимися только при определенных внешних факторах. В связи с этим у некоторых особей пород суффолк и тексель ухудшились показатели как породных, так и индивидуальных признаков по сравнению с зарубежными стандартами.

Одним из факторов, способствующих улучшению качества овцеголовья в хозяйствах, является последовательный анализ племенного использования баранов-производителей, овцематок и ремонтного молодняка. Он является важнейшим элементом направленного совершенствования разводимых пород овец, создания новых, более высокопродуктивных генеалогических структур.

Проведена оценка экстерьерно-конституционального развития молодняка овец пород: суффолк, тексель, мериноландшаф, иль-де-франс на основе линейно-ростовых промеров в 4- и 12-месячном возрасте. Молодняк указанных половозрастных групп характеризовался наличием присущего данному направлению продуктивности выраженным мясного типа у большинства из них. Подтверждается это удлинённостью их туловища и плотным строением, широкотелостью и костистостью.

Таблица 1 – Промеры и экстерьерно-конституциональное развитие производящего состава овец полутонкорунных пород

Показатель	Половозрастные группы									
	бараны-производители					овцематки (ярки старше года)				
	живая масса, кг	высота в холке, см	обхват груди, см	косая длина туловища, см	обхват пясти, см	живая масса, кг	высота в холке, см	обхват груди, см	косая длина туловища, см	обхват пясти, см
Порода тексель, n=10, РУП «Витебское племпредприятие»										
M±m	79,56±4,48	66,73±3,62	96,82±7,17	76,15±5,12	8,59±0,56	60,32±1,26	62,24±1,62	92,62±4,68	70,72±4,83	8,33±0,34
V±Ve	15,04±4,29	4,71±0,22	23,62±4,22	24,82±4,22	6,15±4,43	11,21±1,69	3,22±0,51	15,27±1,59	15,21±1,58	7,51±1,83
Порода мериноландшаф, n=15, ОАО «Жеребковичи»										
M±m	106,24±8,47	85,65±7,38	108,41±3,88	98,32±5,57	9,72±0,53	82,86±9,86	82,34±8,38	104,28±7,38	93,96±4,62	9,32±0,46
V±Ve	23,25±3,51	11,52±2,22	21,78±3,22	21,82±3,21	6,92±1,47	17,51±1,82	15,75±1,63	15,44±1,61	14,41±1,61	7,38±1,43
Порода иль-де-франс, n=27, ИООО «Истерн Шип»										
M±m	91,22±1,83	76,63±0,67	117,78±1,12	88,54±3,40	10,38±0,17	65,88±1,47	68,64±0,40	104,52±1,13	88,16±0,62	9,42±0,16
V±Ve	10,42±1,42	4,52±0,62	4,96±0,67	19,94±2,71	4,57±0,72	15,77±1,58	4,09±0,41	7,65±0,77	4,94±0,49	6,73±0,82
Порода суффольк, n=10, РУП «Витебское племпредприятие»										
M±m	88,51±4,14	68,24±4,17	95,18±6,42	78,56±2,18	8,74±0,53	67,38±1,28	65,61±1,32	90,83±5,27	75,16±3,36	8,42±0,48
V±Ve	23,18±4,16	7,66±1,48	23,85±3,96	23,61±3,94	6,26±2,18	16,48±1,77	4,91±1,61	15,03±1,68	14,28±1,63	6,56±1,78

Показатели изменчивости линейно-ростовых промеров (высота в холке, косая длина туловища, обхват груди и пясти) как у баранчиков, так и у ярочек оказались самыми низкими в исследованных группах и составили 2,51 и 2,81 % соответственно, что свидетельствует о результативности селекционно-племенной работы с животными указанных пород (таблицы 2 и 3).

По показателю живой массы у баранчиков исследуемых пород в 4-месячном возрасте отмечено увеличение на 1,45-3,27 кг, у ярочек пород мериноландшаф, иль-де-франс и суффолк (РУП «Витебское племпредприятие») – на 0,17-0,45 кг, а у пород тексель и суффолк (КФХ «Виллия-агро») незначительное снижение – на 0,5-1,2 кг по сравнению с зарубежными стандартами. Полученные результаты свидетельствуют, что в указанный возрастной период незначительные колебания живой массы напрямую зависят от молочности овцематок. Установлено, что в 12-месячном возрасте живая масса баранчиков исследуемых пород была ниже стандарта на 3,16-12,5 кг. Это подтверждает гипотезу прямого влияния фенотипических признаков на реализацию генетического потенциала молодняка овец белорусской селекции, полученного от завезённых импортных пород. Выявлено, что коэффициент вариации не превышал 12,5 %. Данный коэффициент подтверждает высокую консолидацию селекционируемых признаков в рассматриваемых породах на протяжении десятилетий их разведения и совершенствования.

Экстерьерно-конституциональные особенности овец полутонкорунных пород всех направлений продуктивности являются основными критериями при оценке и установлении их породных особенностей, а также определяют дальнейшее направление селекционно-племенной работы с животными.

На основании указанного можно сделать вывод, что в тех хозяйствах, где молодняк оказался лучше своих сверстников, больше внимания уделяют организации полноценного кормления и содержания животных.

Наиболее существенные породные различия, как у ярочек, так и у баранчиков, выявлены в 4-месячном возрасте во время экспертной оценки по живой массе (26,80-40,17 и 32,26-42,18 кг) и обхвату пясти (6,55-7,55 и 7,07-7,81 см), в 12-месячном возрасте – 51,80-66,75 и 61,84-66,75 кг и 7,55-8,85 и 8,18-8,87 см соответственно.

Заключение. Таким образом, проведённые исследования позволили разработать усовершенствованные зоотехнические правила оценки овец полутонкорунных пород белорусской селекции. В основу методики положен комплексный анализ линейных промеров с учётом минимальных нормативов продуктивности и экстерьерно-конституциональных показателей.

Таблица 2 – Показатели экстерьерного развития молодняка овец (баранчики)

Показатель	4 месяца, n=25					12 месяцев, n=20				
	живая масса, кг	высота в холке, см	обхват груди, см	косая длина туловища, см	обхват пясти, см	живая масса, кг	высота в холке, см	обхват груди, см	косая длина туловища, см	обхват пясти, см
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Порода тексель, РУП «Витебское племпредприятие»										
M±m	32,33±0,24	53,42±0,38	74,85±1,25	60,30±1,32	7,15±0,12	62,53±1,67	62,12±0,74	93,28±1,58	69,74±1,36	8,35±0,18
V±Ve	6,15±0,18	3,17±0,13	10,24±0,31	8,18±0,36	7,24±0,07	11,48±2,56	3,45±0,84	6,31±1,21	4,28±0,91	8,26±1,41
Порода суффолк, РУП «Витебское племпредприятие»										
M±m	33,27±0,42	56,03±0,28	80,54±1,44	61,36±1,36	7,22±0,21	63,26±1,32	62,85±0,54	95,66±1,47	71,14±0,58	8,25±0,24
V±Ve	5,91±0,27	3,47±0,18	9,31±0,35	8,14±0,44	9,15±0,34	10,52±2,65	2,51±0,58	5,36±1,26	3,17±0,71	9,18±1,76
Порода меринотландшаф, ОАО «Жеребковичи»										
M±m	42,18±0,22	62,77±0,48	90,55±1,34	71,38±1,32	7,81±0,13	70,50±1,47	69,71±0,78	107,41±1,54	78,72±1,41	8,87±0,35
V±Ve	7,61±0,26	5,44±0,12	10,33±0,52	9,16±0,47	9,25±0,18	12,46±2,35	5,47±0,83	7,31±1,21	4,18±0,73	8,15±1,62
Порода суффолк, КФХ «Вилгия-агро»										
M±m	32,26±0,41	57,12±0,35	76,54±1,42	60,83±1,32	7,32±0,14	61,84±1,36	62,55±0,78	95,22±1,38	70,71±1,23	8,18±0,37
V±Ve	4,27±0,16	3,75±0,16	9,31±0,38	8,24±0,34	9,18±0,17	10,18±2,84	3,77±0,63	6,47±1,38	3,28±0,94	8,63±1,94

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Порода тексель, КСУП «Хвиневици»										
M±m	33,12± 0,28	52,83± 0,12	75,54± 1,48	60,35± 1,33	7,07± 0,26	62,78± 1,47	61,18± 0,47	93,86± 1,21	69,44± 0,52	8,24± 0,26
V±Ve	5,96± 0,25	3,41± 0,15	9,31± 0,25	8,14± 0,44	9,15± 0,28	9,58± 2,18	2,54± 0,36	5,08± 1,42	3,27± 0,48	9,28± 1,23
Порода иль-де-франс, ИООО «Истерн Шим»										
M±m	36,45± 0,26	52,64± 0,17	75,54± 1,48	60,37± 1,38	7,64± 0,18	63,85± 1,47	61,18± 0,43	93,86± 1,21	71,72± 0,48	8,66± 0,25
V±Ve	5,64± 0,23	3,46± 0,13	9,31± 0,25	8,14± 0,42	9,15± 0,25	9,78± 2,23	2,54± 0,33	5,06± 1,45	3,27± 0,44	9,18± 1,26

Таблица 3 – Показатели экстерьерного развития молодняка овец (ярочки)

Показатель	4 месяца, n=25					12 месяцев, n=20				
	живая масса, кг	высота в холке, см	обхват груди, см	косая длина туловища, см	обхват пясти, см	живая масса, кг	высота в холке, см	обхват груди, см	косая длина туловища, см	обхват пясти, см
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
порода тексель, РУП «Витебское племенное предприятие»										
M±m	27,52±0,23	52,27±0,38	77,54±1,24	57,27±1,31	6,77±0,14	52,32±1,35	61,56±0,73	88,20±1,48	68,52±1,33	7,75±0,26
V±Ve	5,21±0,13	3,72±0,10	10,34±0,31	8,14±0,37	9,16±0,04	11,08±2,34	3,75±0,84	5,37±1,20	4,08±0,91	8,75±1,91
порода суффолк, РУП «Витебское племенное предприятие»										
M±m	28,24±0,28	54,25±0,36	77,57±1,44	59,83±1,37	6,85±0,17	52,68±1,44	62,81±0,57	87,66±1,42	71,08±0,75	7,92±0,26
V±Ve	5,95±0,07	3,12±0,13	10,31±0,37	8,04±0,34	9,15±0,14	10,70±2,85	2,81±0,53	4,36±1,20	3,07±0,71	9,28±1,96
порода меринотандишаф, ОАО «Жербековичи»										
M±m	40,17±0,25	60,63±0,38	84,55±1,26	68,34±1,38	7,55±0,14	80,22±1,33	66,75±0,62	101,26±1,64	74,83±1,31	8,85±0,28
V±Ve	8,21±0,27	5,72±0,14	10,31±0,51	8,16±0,47	9,15±0,14	10,38±2,34	4,77±0,84	5,37±1,28	4,18±0,92	8,73±1,72
порода суффолк, КФХ «Виллия-агро»										
M±m	26,80±0,27	55,50±0,36	76,51±1,22	62,84±1,37	6,75±0,18	52,10±1,34	61,85±0,76	86,25±1,47	70,75±1,38	7,95±0,28
V±Ve	4,21±0,17	3,73±0,13	10,31±0,32	8,14±0,33	9,13±0,12	11,38±2,54	3,73±0,64	5,17±1,22	3,08±0,96	8,71±1,94

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
порода тексель, КСУП «Хвиневичи»										
M±m	27,50± 0,23	51,85± 0,48	76,57± 1,44	58,75± 1,38	6,55± 0,18	51,80± 1,48	60,27± 0,54	87,62± 1,47	68,75± 0,72	7,55± 0,28
V±Ve	5,63± 0,17	3,12± 0,14	10,31± 0,37	8,04± 0,38	9,15± 0,16	10,70± 2,80	2,84± 0,55	4,36± 1,22	3,13± 0,77	9,12± 1,62
порода иль-де-франс, ИООО «Истерн Шип»										
M±m	33,45± 0,22	57,62± 0,38	76,57± 1,48	65,62± 1,35	7,36± 0,16	53,62± 1,46	64,45± 0,56	87,62± 1,44	75,05± 0,72	8,75± 0,22
V±Ve	5,65± 0,08	3,22± 0,13	10,31± 0,37	8,04± 0,34	7,15± 0,16	10,71± 2,81	2,81± 0,53	4,36± 1,20	3,03± 0,74	9,28± 1,96

Ключевые особенности новой системы оценки включают: стандартизованную процедуру проведения измерений (в апреле-мае, перед стрижкой); объективные критерии определения племенной ценности животных; алгоритм прогнозирования воспроизводительных качеств на основе фенотипических характеристик.

Внедрение разработанных правил обеспечит: повышение точности оценки поголовья на 18-22 %; возможность раннего прогнозирования продуктивности по фенотипу; увеличение рыночной стоимости племенного молодняка на 8-12 %; сокращение затрат на содержание низкопродуктивных особей на 10-15 %.

Данная методика создает научную основу для оптимизации селекционного процесса в овцеводстве и повышения экономической эффективности племенных хозяйств.

Литература

1. Республиканская программа развития овцеводства на 2013-2015 гг. : утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20.03.2013 года, № 202 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [Сайт]. – URL: <https://mshp.gov.by/programms/dc17f970f406e5a1.html> (Дата обращения: 12.05.2022).
2. Комплекс мер по развитию овцеводства в Республике Беларусь на 2019-2025 гг. : утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 07.08.2019 года, № 524 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [Сайт]. – URL: <https://mshp.gov.by/documents/animal/c6619ab1ca40c571.html> (Дата обращения: 12.05.2022).
3. Зоотехнические правила оценки овец полутонкорунных пород / Ю. И. Герман, М. А. Горбуков, В. И. Чавлытко [и др.] ; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Жодино, 2018. – 30 с.
4. Протокол заседания рабочей группы Евразийской экономической комиссии по направлению «Племенное животноводство». – Москва, 2015. – 29 с.
5. Селекционно-генетические основы повышения продуктивности овец / А. И. Ерохин, Е. А. Карасе, [и др.]. – СПб : Лань, 2021. – 292 с. – ISBN 978-5-8114-6961-1.
6. Барышева, М. С. Использование индексной селекции при оценке баранов-производителей по качеству потомства / М. С. Барышева, М. В. Абрамова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2021. – № 4. – С. 13-15. – DOI 10.26897/2074-0840-2021-4-13-15.
7. Изучение мясной продуктивности овец : мет. рекомендации / ВАСХНИЛ, Отд-ние животноводства, ВНИИ животноводства ; подгот. : А. А. Вениаминов, С. В. Буйлов, Р. С. Хамицаевым [и др.]. – Москва, 1978. – 45 с.
8. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Высшая школа, 1973. – 327 с.
9. Зоотехнические правила оценки овец полутонкорунных пород белорусской селекции / Ю. И. Герман, М. А. Горбуков, А. Н. Рудак [и др.] ; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Жодино, 2023. – 36 с.

Поступила 8.04.2025 г.

И.П. ШЕЙКО¹, Н.В. ПРИСТУПА¹, Е.А. ЯНОВИЧ¹, Т.В. ПОРТНАЯ¹,
И.В. АНИХОВСКАЯ¹, Т.А. НОВИЦКАЯ²

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДНК-ТЕСТИРОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИИ СВИНЕЙ ПОРОДЫ ДЮРОК

¹*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

²*ОАО «Василишки», а/г Василишки, Республика Беларусь*

Для получения конкурентоспособной продукции в животноводстве наряду с применением традиционных методов необходимо также использовать новейшие достижения в области генетики, включающие ДНК-маркирование количественных и качественных признаков продуктивности и ДНК-диагностику наследственных и инфекционных заболеваний. В связи с этим, цель работы, результаты которой представлены в статье, заключалась в определении генетической структуры свиней породы дюрок по генам-маркерам RYR1, PRLR, ECR F18/FUT1, IGF2, MUC4, H-FABP (аллельные системы H и D). Таким образом, установлено, что частота встречаемости предпочтительных генотипов по генам RYR1^{NN}, IGF2^{QQ} и MUC4^{CC} составила 100 %. Желательные генотипы PRLR^{AA}, H-FABP^{HH} и H-FABP^{dd} встречались у свиней с частотой 21,7-25,7 %, 57,1-87 и 20-60,9 % соответственно. Изучена ассоциация генов с показателями продуктивности животных.

Ключевые слова: ДНК-тестирование, дюрок, генотип, частота, аллель, полиморфизм, свиноматки, хряки-производители.

I.P. SHEIKO, N.V. PRISTUPA, E.A. YANOVICH, T.V. PORTNAYA,
I.V. ANIKHOVSKAYA, T.A. NOVITSKAYA²

USE OF DNA TESTING IN THE SELECTION OF DUROC PIGS

¹*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

²*OJSC "Vasilishki", Vasilishki agro-town, Republic of Belarus*

To obtain competitive products in livestock breeding, along with the use of traditional methods, it is also necessary to use the latest achievements in the field of genetics, including DNA marking of quantitative and qualitative traits of productivity and DNA diagnostics of hereditary and infectious diseases. In this regard, the aim of the work, the results of which are presented in this paper, was to determine the genetic structure of Duroc pigs using the marker genes RYR1, PRLR, ECR F18/FUT1, IGF2, MUC4, H-FABP (allele systems H and D). Thus, it was found that the frequency of occurrence of preferred genotypes for RYR1^{NN}, IGF2^{QQ} and MUC4^{CC} genes was

100%. The desired PRLR^{AA}, H-FABP^{HH} and H-FABP^{dd} genotypes were found in pigs with a frequency of 21.7-25.7 %, 57.1-87 and 20-60.9 %, respectively. The association of genes with animal productivity indicators was studied.

Key words: DNA testing, Duroc, genotype, frequency, allele, polymorphism, sows, stud boars.

Введение. Свиноводство в Республике Беларусь – важнейшая отрасль животноводства, полностью обеспечивающая население высококачественной свининой и продуктами её переработки. Особая роль в увеличении производства мясной свинины отводится породе дюрок, животные которой широко используются в качестве отцовской формы в системе скрещивания и гибридизации для получения помесного и гибридного молодняка с высоким выходом мяса в туше. Свиньи породы дюрок обладают исключительной ценностью при селекции на повышение неспецифической защиты организма, что особенно важно для получения жизнеспособного потомства на промышленных комплексах [1, 2, 3, 4].

В современных условиях развития животноводства страны задачи увеличения производства продукции становятся всё более сложными и масштабными. Для успешного решения этих задач, наряду с дальнейшим укреплением кормовой базы и широким использованием интенсификации технологий производства, на передний план выступает качественное улучшение имеющихся стад и пород, то есть систематическое усиление их продуктивных и племенных качеств.

Для получения конкурентоспособной продукции в животноводстве наряду с применением традиционных методов необходимо также использовать новейшие достижения в области генетики, включающие ДНК-маркирование количественных и качественных признаков продуктивности, ДНК-диагностику наследственных и инфекционных заболеваний, работы по получению животных с запланированными показателями продуктивности.

Цель работы – определение генетической структуры свиней породы дюрок по генам-маркерам RYR1, PRLR, ECR F18/FUT1, IGF2, MUC4, H-FABP (аллельные системы H и D).

Материал и методика исследований. Объектом исследований являлись чистопородные свиньи породы дюрок, разводимые в филиале СГЦ «Заднепровский» ОАО «Оршанский КХП» Витебской и ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской областей. У животных взяты биопробы ткани (ушной выщип). В лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» проведено генотипирование свиней по генам RYR1, PRLR, ECR F18/FUT1, IGF2, MUC4, H-FABP (аллельные системы H и D) методом ПЦР-ПДРФ.

Обработка и анализ полученных данных проведена с использованием общепринятых методов вариационной статистики на ПК [5].

Результаты исследований и их обсуждение. Изучена генетическая структура свиней породы дюрок в СГЦ «Заднепровский» и ГП «Жоди́ноАгроПлемЭлита» по генам RYR1, PRLR, ECR F18/FUT1, IGF2, MUC4, H-FABP (аллельные системы Н и D).

Результаты молекулярно-генетических исследований животных по гену RYR1 показали отсутствие генотипов Nn и nn. Частота встречаемости генотипа NN у животных составила 100 %, что свидетельствует о высоком генетическом потенциале стрессоустойчивости у свиней породы дюрок в данных племенных предприятиях.

Пролактиновый рецептор (PRLR) – это специфичный рецептор для гормона пролактина, являющегося одним из важнейших гормонов репродуктивной функции. Ген пролактинового рецептора является маркером репродуктивных качеств в свиноводстве благодаря своей роли в процессе воспроизводства [6]. Генетическое тестирование по гену PRLR животных породы дюрок позволило выявить его полиморфизм, представленный двумя аллелями – А и В. У исследуемого поголовья установлено наличие всех трех генотипов AA, АВ и ВВ (таблица 1).

Таблица 1 – Частота встречаемости генотипов гена PRLR

Племенные предприятия	n	Частота аллелей		Частота генотипов, %		
		А	В	AA	AB	BB
СГЦ «Заднепровский»	35	0,54	0,46	25,7	57,1	17,2
ГП «Жоди́ноАгроПлемЭлита»	23	0,46	0,54	21,7	47,8	30,5

Концентрация аллелей PRLR^A и PRLR^B у свиней в СГЦ «Заднепровский» составила 0,54 и 0,46, в ГП «Жоди́ноАгроПлемЭлита» – 0,46 и 0,54 соответственно. Большинство животных имели гетерозиготный генотип PRLR^{AB} – 47,8-57,1 %. Частота встречаемости желательного генотипа PRLR^{AA}, ассоциированного с высокими воспроизводительными качествами, составила 21,7 % у свиней в ГП «Жоди́ноАгроПлемЭлита», и 25,7 % – в СГЦ «Заднепровский».

При изучении ассоциации полиморфизма гена PRLR с репродуктивными признаками установлено, что свиноматки в СГЦ «Заднепровский» и в ГП «Жоди́ноАгроПлемЭлита» с гомозиготным генотипом PRLR^{AA} превосходили маток с генотипом PRLR^{AB} и PRLR^{BB} по многоплодию на 1,1 гол. (10 %) и 2,1 гол. (21 %), 0,6 гол. (5,4 %) и 1,5 гол. (14,7 %) соответственно (рисунок 1, 2).

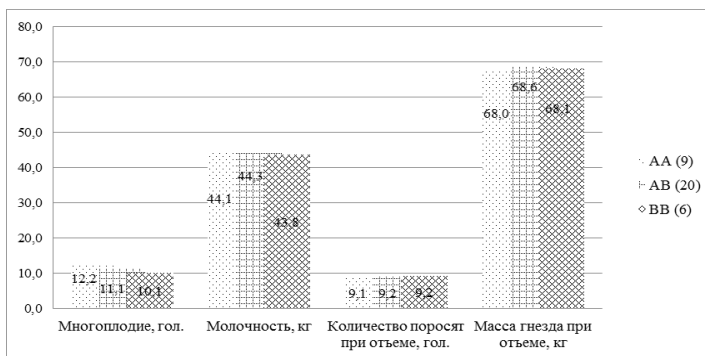


Рисунок 1 – Продуктивность свиноматок породы дюрок в зависимости от генотипа по гену PRLR в СГЦ «Заднепровский»

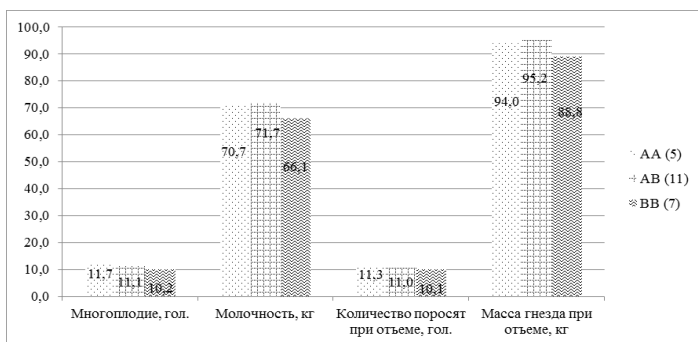


Рисунок 2 – Продуктивность свиноматок породы дюрок в зависимости от генотипа по гену PRLR в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита»

Отмечено положительное влияние гетерозиготного генотипа PRLR^{AB} на показатели молочности и массу гнезда при отъёме.

В ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» свиноматки с генотипом PRLR^{AB} превосходили животных с гомозиготными генотипами PRLR^{AA} и PRLR^{BB} по молочности на 1,4-8,4 %, по массе гнезда при отъёме – 1,3-7,2 %.

С развитием молекулярной генетики стала возможна идентификация генов прямо или косвенно связанных с предрасположенностью к различным заболеваниям. В свиноводстве кишечные расстройства у поросят – это одна из самых широко распространённых и серьёзных проблем, следствием которой являются ежегодные экономические потери. Одной из основных причин, вызывающих высокую смертность поросят в неонатальный период (первые недели жизни), является колибактериоз, лечение и профилактика которого осложнены из-за широкой

вариабельности свойств и множественной устойчивости возбудителя к различным антибактериальным препаратам [7, 8]. Одним из генов, обуславливающих предрасположенность свиней к колибактериозу в первые недели жизни, является ген MUC4.

Анализ генетического тестирования по гену MUC4 показал наличие предпочтительного генотипа MUC4^{CC} у 100 % животных, что свидетельствует об их устойчивости к колибактериозу в первые недели жизни.

Ген ECR F18/FUT1 определяет восприимчивость поросят к колибактериозу после их отъёма от свиноматок. Полиморфизм гена ECRF18/FUT1 представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Частота встречаемости генотипов гена ECRF18

Племенные предприятия	n	Частота аллелей		Частота генотипов, %		
		A	G	AA	AG	GG
СГЦ «Заднепровский»	35	0,07	0,93	-	14,3	85,7
ГП «ЖодиоАгроПлемЭлита»	23	0,04	0,96	-	8,7	91,3

В исследуемых популяциях свиней, устойчивых к эшерихиозу (генотип ECR^{AA}), не выявлено. Установлена высокая частота встречаемости аллеля ECR^G, детерминирующего чувствительность свиней к патогенным штаммам E.coli. В СГЦ «Заднепровский» 85,7 % животных являлись носителями генотипа ECR^{GG} (чувствительны) и 14,3 % – ECR^{AG} (предрасположены), в ГП «ЖодиоАгроПлемЭлита» – 91,3 и 8,7 % соответственно. Отсутствие свиней с генотипом ECR^{AA} свидетельствует о необходимости в проведении интенсивной селекции свиней на увеличение количества особей с данным генотипом.

Одним из маркеров мясных качеств свиней является ген инсулиноподобного фактора роста 2 (IGF-2), который участвует в широком спектре метаболических и дифференцирующих процессов в организме. Мутация в данном гене q → Q оказывает влияние на скорость роста свиней. Животные, несущие в своем генотипе желательное сочетание аллелей IGF-2^{QQ}, отличаются повышенными среднесуточными приростами живой массы и мясностью туш [9]. Изучена генетическая структура свиней породы дюрок по гену IGF-2. Установлено, что животные имели 100 % генотип IGF-2^{QQ}.

В качестве маркеров признаков мясной продуктивности и качества мяса свиней рассматриваются гены семейства связывающих белков жирных кислот (FABP). Один из генов этого семейства – H-FABP – представляет большой интерес в качестве гена-кандидата содержания внутримышечного жира – важнейшего показателя, определяющего качество мяса, а также в качестве возможного генетического маркера

снижения содержания жира в туше свиней. Ген H-FABP у свиней расположен в 6-й хромосоме. Его экспрессия происходит в различных тканях организма животного, но прежде всего в мышечной ткани сердца и скелетной мускулатуре. Полиморфизм гена H-FABP высоко ассоциируется с такими экономическими показателями, как среднесуточные приросты, конверсией корма и толщиной шпика у свиней [10].

При диагностике гена H-FABP по типу H частота предпочтительного по содержанию внутримышечного жира генотипа HH составила у молодняка в СГЦ «Заднепровский» – 57,1 %, в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» – 87 % (таблица 3). При этом наблюдается высокая частота встречаемости аллеля H – 0,76 и 0,93 соответственно. Гомозиготный генотип H-FABP^{hh} выявлен только у свиней в СГЦ «Заднепровский» с частотой встречаемости 5,8 %. Частота встречаемости гетерозиготного генотипа H-FABP^{Hh} составила 13 % в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» и 37,1 % в СГЦ «Заднепровский».

Таблица 3 – Частота встречаемости генотипов гена H-FABP (аллельная система H)

Племенные предприятия	n	Частота аллелей		Частота генотипов, %		
		H	h	HH	Hh	hh
СГЦ «Заднепровский»	35	0,76	0,24	57,1	37,1	5,8
ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита»	23	0,93	0,07	87,0	13,0	-

Анализ генетической структуры молодняка породы дюрок по гену H-FABP (аллельная система D) свидетельствует, что концентрация предпочтительного генотипа dd и аллеля d, влияющего на меньшую толщину шпика, у свиней ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» составили 60,9 % и 0,72 (таблица 4). Генотип dd в СГЦ «Заднепровский» выявлен у 20 % животных.

Таблица 4 – Частота встречаемости генотипов гена H-FABP (аллельная система D)

Племенные предприятия	n	Частота аллелей		Частота генотипов, %		
		D	d	DD	Dd	dd
СГЦ «Заднепровский»	35	0,53	0,47	25,7	54,3	20,0
ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита»	23	0,28	0,72	17,4	21,7	60,9

Встречаемость молодняка с гетерозиготным генотипом H-FABP^{Dd} в племенных предприятиях варьировала от 21,7 % в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» до 54,3 % в СГЦ «Заднепровский».

Анализ развития свиней в зависимости от генотипа по гену H-FABP свидетельствует, что наиболее предпочтительны животные с генотипом H-FABP^{HHdd} (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели развития молодняка по гену H-FABP

Гено-тип	n	Возраст достижения живой массы 100 кг, дней	Среднесуточный прирост от рождения до 100 кг, г	Длина туловища, см	Толщина шпика, мм
СГЦ «Заднепровский»					
HHdd	7	201±2,1	494±5,3	121,8±0,2	20,3±0,2
HHdD	10	208±1,2	477±2,7	122,0±0,3	20,1±0,2
HhDd	10	211±2,2	471±4,8	121,6±0,3	20,7±0,3
ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита»					
HHdd	14	156±0,5	656±4,0	120,0±0,1	6,9±0,2
HHdD	3	162±0,1	629±5,9	119,5±0,2	7,4±0,2
HhDd	2	164±0,5	620±4,8	117,3±0,1	7,5±0,1

Молодняк данного генотипа в СГЦ «Заднепровский» по возрасту достижения живой массы 100 кг и среднесуточному приросту превосходил животных с генотипами H-FABP^{HHdD} и H-FABP^{HhDd} на 7-10 дней и 17-23 г соответственно. Свиньи с генотипом H-FABP^{HhDd} отличались более низким показателем длины туловища – 121,6 см. Самый тонкий шпик (20,1 мм) установлен у носителей генотипа H-FABP^{HHdD}.

В ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» молодняк с генотипом H-FABP^{HHdd} также отличался лучшими показателями продуктивности. Превосходство по возрасту достижения живой массы 100 кг и среднесуточному приросту над генотипами H-FABP^{HHdD} и H-FABP^{HhDd} составило 3,8-5,1 и 4,3-5,8 % соответственно.

Заключение. Проведено ДНК-тестирование свиней породы дюрок по генам-маркерам RYR1, PRLR, ECR F18/FUT1, IGF2, MUC4 и H-FABP (аллельные системы H и D). Частота встречаемости предпочтительных генотипов по генам RYR1 (NN), IGF2 (QQ) и MUC4 (CC) составила 100 %. Частота встречаемости желательного генотипа PRLR^{AA}, ассоциированного с высокими воспроизводительными качествами, составила у свиней в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» 21,7 %, в СГЦ «Заднепровский» – 25,7%. Генотипирование молодняка по гену H-FABP (аллельные системы H и D) показало наличие животных с генотипами HH (57,1-87,0 %) и Hh (13,0-37,1 %). Гомозиготный генотип hh выявлен только у животных в СГЦ «Заднепровский» – 5,8 %. Концентрация предпочтительного генотипа H-FABP^{dd} и аллеля H-FABP^d у свиней в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» составили 60,9 % и 0,72, в СГЦ «Заднепровский» - 20,0 % и 0,47. Установлена высокая частота встречаемости

генотипа ECR^{GG} гена ECRF18/FUT1, детерминирующего чувствительность свиней к колибактериозу, – 85,7 % (СГЦ «Заднепровский») и 91,3 % (ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита»). Свиноматки с гомозиготным генотипом PRLR^{AA} превосходили маток с генотипом PRLR^{AB} и PRLR^{BB} по многоплодию на 10-21 %, 5,4-14,7 % соответственно. Установлено, что молодняк с генотипом H-FABP^{HHdd} отличался лучшими показателями развития при оценке по фенотипу.

Литература

1. Ятусевич, В. П. Воспроизводительные качества свиней породы дюрок / В. П. Ятусевич, И. А. Никитина, Е. С. Среда // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2020. – № 1. – С. 117-122.
2. Кабанов, В. Д. Воспроизводительные качества свиноматок канадской селекции пород Йоркшир, ландрас, дюрок и их помесей / В. Д. Кабанов, И. В. Титов // Свиноводство. – 2011. – № 5. – С. 8-9.
3. Перевойко, Ж. А. Воспроизводительные качества свиноматок породы дюрок / Ж. А. Перевойко, Е. А. Соловьёва, Л. В. Сычёва // Свиноводство. – 2017. – № 2. – С. 17-19.
4. Тимошенко, Т. Н. Использование селекционных методов при создании заводского типа свиней в породе дюрок / Т. Н. Тимошенко // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству. – Жодино, 2008. – Т. 43, ч. 1. – С. 114-117.
5. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Высшая школа, 1973. – 316 с.
6. Лаломова, Е. В. Полиморфизм свиней по генам эстрогенового, пролактинового и рианодинового рецепторов : автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 06.02.01 / Лаломова Елена Владимировна. – Лесные Поляны, 2007. – 23 с.
7. Шейко, И. П. Селекционно-генетические приемы и методы в разведении свиней : [монография] / И. П. Шейко, Р. И. Шейко, И. Н. Казаровец. – Минск : БГАТУ, 2024. – 226, [1] с. – ISBN 978-985-25-0250-4.
8. Роль генов-маркеров ECRF18/FUT1, MC4R, ESR, RYR1 в селекции свиней / Ф. Ф. Зиннатова, Ш. К. Шакиров, А. М. Алимов, Ф. Ф. Зиннат // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 3. – С. 188-191.
9. Дойлидов, В. А. Корреляция полиморфизма генов EPOR, MUC4 и IGF-2 с уровнем продуктивных качеств свиней белорусской селекции / В. А. Дойлидов, Д. А. Каспирович // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр./ БСХА. – Горки : БГСХА, 2010. – Вып. 13, ч. 2. – С. 65-71.
10. Полиморфизм генов H-FABP, ESR и их роль в формировании продуктивности свиней мясных пород / В. П. Рыбалко, В. В. Семёнов, И. Г. Рачков [и др.] // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 5. – С. 44-46.

Поступила 17.03.2025 г.

И.П. ШЕЙКО¹, Н.В. ПРИСТУПА¹, Е.А. ЯНОВИЧ¹, Т.В. ПОРТНАЯ¹,
Н.В. ЗАЯЦ¹, Т.А. НОВИЦКАЯ²

ПОЛИМОРФИЗМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ ДНК У СВИНЕЙ ПОРОДЫ ДЮРОК

¹Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь

²ОАО «Василишки», а/г Василишки, Республика Беларусь

В статье представлен анализ популяционно-генетических параметров свиной породы дюрок, разводимых в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита», на основе ДНК-МС. Выявлено 68 аллелей. Среднее число аллелей на локус составило 4,53. Средний показатель уровня полиморфности (A_e) – 2,41. Показатель фактической степени гетерозиготности у свиной породы дюрок варьировал от 0,029 (S0355) до 0,875 (S0005). Величина показателя индекса фиксации по 15-ти локусам МС-ДНК составила – 0,016. В изученной популяции 8 из 15 локусов ДНК-МС находятся в состоянии генотипического равновесия. Точность отнесения исследованных животных к «своей» популяции составила 100 %.

Ключевые слова: свиньи, дюрок, локус, аллель, генетическая изменчивость, ДНК-микросателлиты.

I.P. SHEIKO¹, N.V. PRISTUPA¹, E.A. YANOVICH¹, T.V. PORTNAYA¹,
N.V. ZAYATS, T.A. NOVITSKAYA²

POLYMORPHISM OF MICROSATELLITE DNA LOCI IN DUROC PIGS

¹Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus

²OJSC “Vasilishki”, Vasilishki agro-town, Republic of Belarus

The paper presents an analysis of population genetic parameters of Duroc pigs bred at SE “ZhodinoAgroPlemElita”, using microsatellite DNA data. 68 alleles were identified. The average number of alleles per locus amounted to 4.53. The average index of polymorphism level (A_e) was 2.41. The actual heterozygosity index in Duroc pigs ranged from 0.029 (S0355) to 0.875 (S0005). The fixation index value for 15 MS DNA loci was -0.016. In the studied population, 8 of 15 MS DNA loci were in a state of genetic equilibrium. The accuracy of assignment of the studied animals to “their” population was 100 %.

Key words: pigs, Duroc, locus, allele, genetic variability, microsatellite DNA.

Введение. Изучение генетического полиморфизма различных пород сельскохозяйственных животных – актуальное направление современной популяционной генетики. Микросателлиты являются удобными генетическими маркерами в геноме животных, вследствие высокого уровня полиморфизма и стабильного аутосомного кодоминантного наследования [1, 2]. Исследования животных по ДНК-микросателлитам позволяют более точно оценить гетерозиготность популяции, её генетическое разнообразие. С помощью ДНК-МС можно определить степень инбридинга и тем самым снизить вероятность близкородственного спаривания, а также повысить точность учёта результатов по выявлению происхождения животных [3, 4].

Цель работы – изучение популяционно-генетических параметров свиной породы дюрок на основе ДНК-МС.

Материал и методика исследований. Объектом исследования являлись чистопородные свиньи породы дюрок, разводимые в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской области. У животных взяты пробы ткани (ушной выщип). В лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» проведён анализ по ДНК-МС. После получения микросателлитных профилей сформирована матрица генотипов в формате Microsoft Excel. Статистическая обработка данных проведена по стандартным методикам [5] с использованием программного обеспечения GenAEx (версия 6.5).

Результаты исследований и их обсуждение. Изучены популяционно-генетические параметры свиной породы дюрок, разводимые в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» на основе ДНК-МС. В исследуемой популяции (n=34) по 15 микросателлитам выявлено 68 аллелей, получены данные, характеризующие полиморфизм каждого из маркеров (рисунки 1-8). В локусе S0228 выявлено 4 аллеля длиной от 224 до 232 п.н. (рисунок 1). Наибольшей частотой встречаемости характеризуется аллель 226 – 0,691. Частота встречаемости аллеля 232 составила 0,279. Реже обнаруживаются аллели 224 и 228 – 0,015.

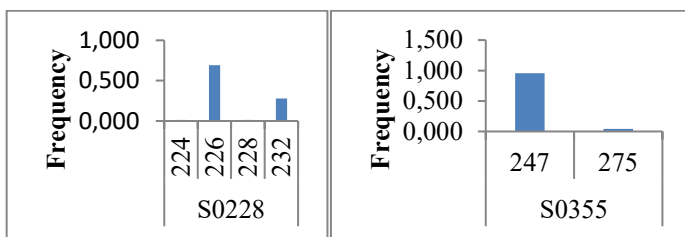


Рисунок 1 – Частоты аллелей в локусах S0228 и S0355

Полиморфизм локуса S0355 представлен 2 аллельными вариантами, с наибольшей частотой аллеля 247 – 0,956. Частота встречаемости аллеля 275 составила 0,044.

При исследовании полиморфизма локуса S0005 выявлено 8 аллелей длиной от 213 до 273 п.н. (рисунок 2). Наиболее часто встречаются аллельные варианты 249 и 251 – 0,203 и 0,359 соответственно. С частотой 0,156 встречается аллельный вариант 215. Частоты встречаемости остальных, определённых в данном локусе, аллелей находились в пределах от 0,016 до 0,094.

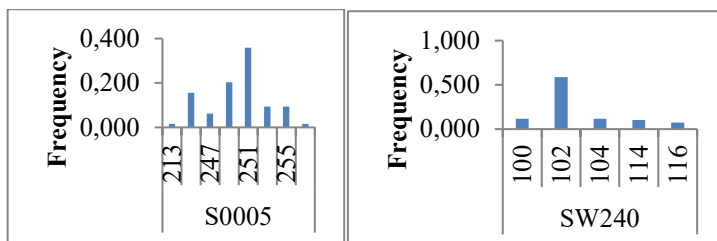


Рисунок 2 – Частоты аллелей в локусах S0005 и SW240

В локусе SW240 представлено 5 аллелей длиной от 100 до 116 п.н. Наиболее часто встречается аллель 102 – 0,588. Частоты встречаемости аллелей 114, 100 и 104 составили 0,103, 0,118 и 0,118 соответственно. Реже встречается аллель 116 – 0,074.

При анализе животных породы дюрок по локусу SW857 выявлено 5 аллельных варианта длиной от 150 до 158 п. н. (рисунок 3). Самая большая частота встречаемости характерна для аллельного варианта 152 – 0,500. Частоты встречаемости аллелей 150 и 156 составили 0,118 и 0,353 соответственно.

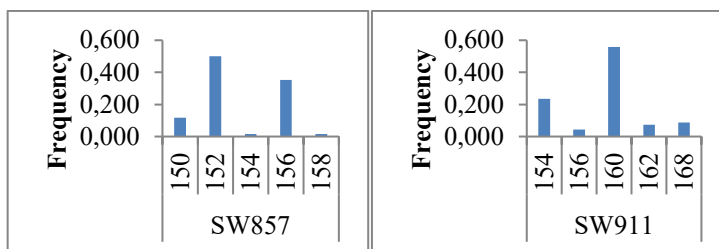


Рисунок 3 – Частоты аллелей в локусах SW857 и SW911

При исследовании полиморфизма локуса SW911 выявлено 5 аллелей, размер которых составляет от 154 до 168 п. н. Чаще всего встречается аллельный вариант 160 – 0,559.

По локусу SW936 выявлено 5 аллелей длиной от 96 до 114 п. н. (рисунок 4). С наибольшей частотой встречаются аллели 108, 110 и 102 – 0,294, 0,294 и 0,368 соответственно. Реже обнаруживаются аллели 114 и 96 – 0,015 и 0,029 соответственно.

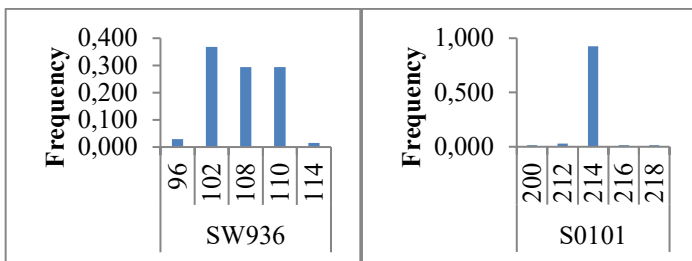


Рисунок 4 – Частоты аллелей в локусах SW936 и S0101

Полиморфизм локуса S0101 представлен 5 аллелями, с наибольшей частотой аллеля 214 – 0,926. Частота встречаемости аллеля 212 составила 0,029, аллелей 200, 216 и 218 – 0,015.

В локусе S0155 выявлено 5 аллелей, с наибольшей частотой аллелей 164 и 158 0,353 и 0,529 соответственно (рисунок 5). Реже встречаются аллельные варианты 162, 152 и 166 – 0,015, 0,029 и 0,074 соответственно.

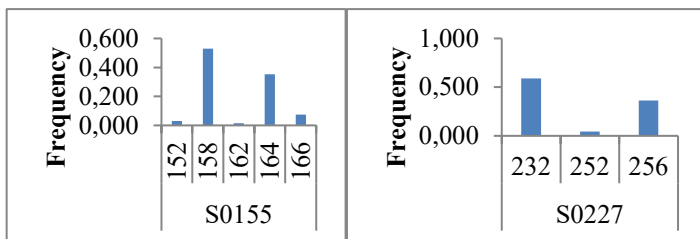


Рисунок 5 – Частоты аллелей в локусах S0155 и S0227

При амплификационном анализе по локусу S0227 обнаружено 3 аллеля длиной от 232 до 256 п. н. Наибольшая частота встречаемости, равная 0,591, выявлена у аллеля 232. С частотой 0,364 встречается аллель 256.

При исследовании полиморфизма локуса S0386 выявлено 4 аллеля (рисунок 6). Чаще встречаются аллельные варианты 177 (0,309) и 169 (0,529). Реже обнаруживаются аллели 167 (0,147) и 159 (0,015).

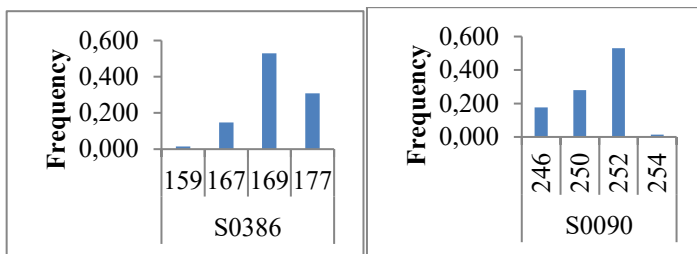


Рисунок 6 – Частоты аллелей в локусах S0386 и S0090

Полиморфизм локуса S0090 представлен 4 аллелями, с наибольшей частотой аллелей 250 и 252 – 0,279 и 0,529 соответственно. Реже встречается аллельный вариант 246 – 0,176.

В локусе SW24 выявлено 5 аллелей размером от 106 до 122 п.н. (рисунок 7). Самая большая частота встречаемости характерна для аллельного варианта 106 – 0,515. Частоты аллелей 118 и 112 составили 0,147 и 0,250 соответственно.

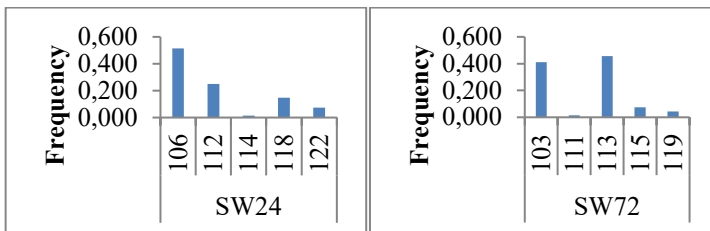


Рисунок 7 – Частоты аллелей в локусах SW24 и SW72

Локус SW72 представлен 5 аллельными вариантами длиной от 103 до 119 п. н. Наибольшей частотой встречаемости характеризуются аллели 103 (0,412) и 113 (0,456). Реже встречаются аллели 111, 119 и 115 – 0,015, 0,044 и 0,074 соответственно.

Полиморфизм локуса SW951 представлен 3 аллелями длиной от 123 до 129 п. н. (рисунок 8). Наиболее часто встречается аллельный вариант 123 – 0,824. Частота встречаемости аллеля 129 составила 0,103. Реже обнаруживается аллельный вариант 125 – 0,074.

На основании полученных результатов выделены следующие типичные для данной популяции аллели: по локусу SW951: аллель 123 (82 %); по локусу SW72: аллель 103 (41 %), аллель 113 (46 %); по локусу S0090: аллель 252 (53 %); по локусу S0386: аллель 177 (31 %), аллель 169 (53 %); по локусу S0227: аллель 256 (36 %), аллель 232 (59 %); по локусу S0155: аллель 164 (35 %), аллель 158 (53 %); по локусу S0101: аллель 214 (93 %); по локусу SW936: аллель 102 (37 %); по локусу SW911: аллель 160 (56 %); по локусу S0355: аллель 247 (96 %); по локусу S0228: аллель 226 (69 %); по локусу SW857: аллель 156 (35 %), аллель 152 (50 %); по локусу SW240: аллель 102 (59 %); по локусу S0005: аллель 251 (36 %); по локусу SW24: аллель 106 (52 %).

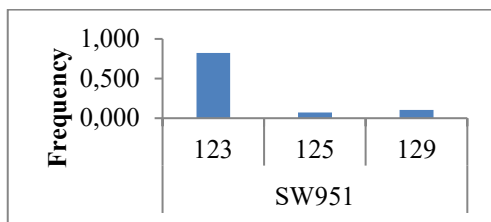


Рисунок 8 – Частоты аллелей в локусе SW951

В результате микросателлитного анализа свиней породы дюрок установлено, что число аллелей варьировало от 2 до 8 на локус. Наибольшей вариабельностью характеризовался локус S0005 (8 аллелей), наименьшей локус S0355 (2 аллеля) (рисунок 9).

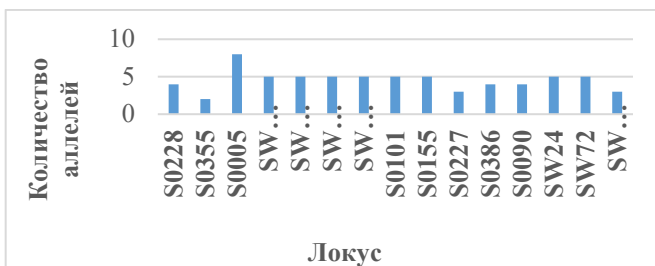


Рисунок 9 – Количество аллелей на каждый локус в исследованной группе свиней породы дюрок

Среднее число аллелей на локус у свиней породы дюрок в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» составило 4,53 (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика полиморфизма изученных STR-локусов

STR-локус	Число аллелей на локус (Na)	Число эффективных аллелей на локус (Ae)	Ожидаемая гетерозиготность (He)	Наблюдаемая гетерозиготность (Ho)	Индекс фиксации (Fis)	Величина информативной ценности (PIC)	Величина генетического равновесия
S0228	4	1,798	0,444	0,529	-0,193	0,450	***
S0355	2	1,092	0,084	0,029	0,651	0,086	***
S0005	8	4,613	0,783	0,875	-0,117	0,796	ns
SW240	5	2,566	0,610	0,618	-0,012	0,619	*
SW857	5	2,572	0,611	0,765	-0,251	0,620	***
SW911	5	2,612	0,617	0,588	0,047	0,626	ns
SW936	5	3,234	0,691	0,824	-0,192	0,701	***
S0101	5	1,163	0,140	0,147	-0,049	0,142	ns
S0155	5	2,431	0,589	0,706	-0,199	0,597	***
S0227	3	2,068	0,517	0,333	0,355	0,524	ns
S0386	4	2,516	0,603	0,500	0,170	0,612	ns
S0090	4	2,566	0,610	0,794	-0,301	0,619	ns
SW24	5	2,820	0,645	0,706	-0,094	0,655	ns
SW72	5	2,598	0,615	0,794	-0,291	0,624	ns
SW951	3	1,440	0,306	0,235	0,231	0,310	*
Среднее	4,53	2,41	0,524	0,563	-0,016	0,532	-

Примечание: ns >0,05; * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001

Число эффективных аллелей на локус характеризует информативность анализа и показывает генетическое разнообразие у исследованных групп животных. Наибольшим аллельным разнообразием свиньи породы дюрок характеризовались по локусам SW936 и S0005 – 3,23 и 4,61 соответственно. Средний показатель уровня полиморфности (Ae) составил 2,41.

В вопросах динамики генетического состава популяций важным параметром является гетерозиготность. Степень наблюдаемой гетерозиготности (Ho) является мерой генетической изменчивости в популяции. Частота гетерозигот – важный показатель, поскольку каждая гетерозигота несёт разные аллели и иллюстрирует наличие изменчивости. Для точной оценки изменчивости популяции вводится показатель ожидаемой гетерозиготности (He), рассматривающий уровень аллельного разнообразия. В этой связи нами дана оценка наблюдаемой и ожидаемой степени гетерозиготности, рассчитанная по 15-ти STR-локусам. Оценка степени гетерозиготности показала, что фактическая степень гетерозиготности у свиней породы дюрок варьировала от 0,029 (S0355) до 0,875

(S0005) и в среднем составляла 0,563. Максимальным значением ожидаемого уровня гетерозиготности (H_e) характеризовались локусы SW24 (0,645), SW936 (0,691) и S0005 (0,783), минимальное значение отмечено в локусах S0355 (0,084) и S0101 (0,140). По 10 изученным локусам наблюдаемая гетерозиготность была выше ожидаемой, различия варьировали от 0,7 до 18,4 %. Индекс фиксации инбридинга F_{is} у свиней породы дюрок свидетельствует о том, что по 10 локусам установлены отрицательные показатели от -0,012 до -0,301, что, в свою очередь, указывает на избыток гетерозигот и на неродственное скрещивание, а по остальным локусам отмечается умеренный инбридинг и уровень гетерозиготности имеет положительные значения. Самые высокие значения были по локусам SW951 (0,231), S0227 (0,355) и S0355 (0,651), наименьшее – SW911 (0,047). В изученной популяции по индексу F_{is} случайного спаривания не обнаружено, так как значение $F_{is}=0$ не отмечено. В среднем по 15-ти локусам МС-ДНК индекс фиксации составил -0,016, что в целом свидетельствует об избытке гетерозигот.

Проведён расчёт величины информационной ценности использованных маркеров (PIC). Установлено, что 11 STR-локусов имели величину информативной ценности (PIC) $>0,5$, что указывает на их высокую информативность в качестве молекулярно-генетических маркеров. Наивысшие значения PIC наблюдались в локусах SW936 и S0005 – 0,701 и 0,796 соответственно. Микросателлитные локусы SW951 (0,310) и S0228 (0,450) были умеренно информативными ($0,25 < PIC < 0,5$).

В результате проверки соотношения частот генотипов генетическому равновесию Харди-Вайнберга установлено, что в изученной популяции 8 из 15 использованных в анализе локусов МС-ДНК находится в состоянии генотипического равновесия.

С целью изучения генетического разнообразия каждой особи и популяции в целом, из которой она происходила, оценки вероятности отнесения данной особи или к своей собственной популяции, или к иной использован Assignment-тест (рисунок 10).

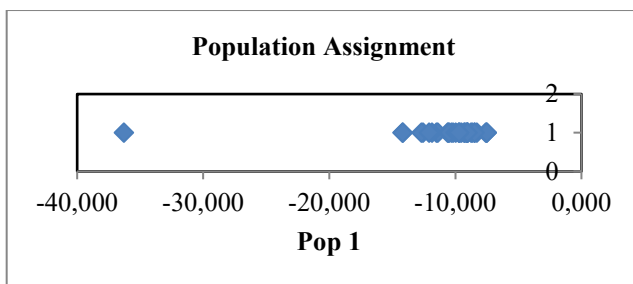


Рисунок 10 – Популяционная принадлежность свиней породы дюрок

По результатам Assignment-теста точность отнесения свиней к «своей» популяции составила 100 %.

Заключение. У свиней породы дюрок, разводимых в ГП «Жоди-ноАгроПлемЭлита», по 15-ти локусам ДНК-МС выявлено 68 аллелей. Среднее число аллелей на локус составило 4,53.

Показатель фактической степени гетерозиготности у свиней варьировал от 0,029 (S0355) до 0,875 (S0005) и в среднем составил 0,563.

Максимальным значением ожидаемого уровня гетерозиготности (He) характеризовались локусы SW24 (0,645), SW936 (0,691) и S0005 (0,783), минимальное значение отмечено в локусе S0355 (0,084) и S0101 (0,140).

По 10-ти локусам установлены отрицательные показатели индекса фиксации инбридинга Fis от -0,012 (SW240) до -0,301 (S0090), что указывает на избыток гетерозигот и на неродственное скрещивание. Средний показатель индекса фиксации по 15-ти локусам МС-ДНК составил -0,016.

Установлено, что 11 STR-локусов имеют величину информативной ценности (PIC)>0,5, что указывает на их высокую информативность. В изученной популяции 8 из 15 локусов ДНК-МС находится в состоянии генотипического равновесия.

Точность отнесения исследованных свиней к «своей» популяции составила 100 %.

Литература

1. Bowling, A. T. The genetics of the horse / A. T. Bowling, A. Ruyinsky. – Wallington, 2000. – 527 p. – ISBN 9780851994291.
2. Bjornstad, G. Breed demarcation and potential for bred allocation of horses assessed by microsatellites marker / G. Bjornstad, K. H. Roed // Animal Genetics. – 2001. – Vol. 32. – P. 59-65. – DOI: 10.1046/j.1365-2052.2001.00705.x.
3. Зиновьева, Н. А. Генетическая экспертиза сельскохозяйственных животных: применение тест-систем на основе микросателлитов / Н. А. Зиновьева, Е. А. Гладырь // Достижения науки и техники АПК. – 2011. - № 9. – С. 46-48.
4. Микросателлиты и их использование для оценки генетического разнообразия животных / Н. С. Марзанов, М. Ю. Озеров, М. Г. Насибов, Л. К. Марзанова // Сельскохозяйственная биология. – 2004. - № 2. – С. 104-111.
5. Вейр, Б. Анализ генетических данных / Б. Вейр. – Москва : Мир, 1995. – 319 с. – ISBN 5-03-002795-5.

Поступила 24.03.2025 г.

И.П. ШЕЙКО, В.Н. ТИМОШЕНКО, Н.И. ПЕСОЦКИЙ,
Ж.И. ШЕМЕТОВЕЦ, М.В. БАРАНОВСКИЙ, Е.Н. ПЕСОЦКИЙ

ПОКАЗАТЕЛИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ СКОРОСТЬ МОЛОКООТДАЧИ КРАСНОГО МОЛОЧНОГО СКОТА

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

В современном молочном скотоводстве скорость молокоотдачи имеет большое значение для оценки и отбора животных, пригодных к роботизированному доению в условиях промышленных технологий производства молока. Используя методы корреляционного анализа, можно определить степень связи между молокоотдачей и различными морфофункциональными свойствами вымени и полученный результат использовать в селекционном процессе. В статье представлены материалы, целью которых стало изучение корреляционных связей между основными показателями скорости молокоотдачи красных молочных коров. В ходе исследований начато создание фенотипической базы данных по показателям скорости молокоотдачи красного молочного скота. Изучены корреляционные связи между основными показателями скорости молокоотдачи изучаемых коров. Исходя из полученных данных, установили, что удои за сутки и номер лактации положительно влияют на скорость молокоотдачи. Увеличение среднего удоя на 1 кг связано с ростом скорости на 0,068 кг/мин ($p < 0,001$).

Ключевые слова: скорость молокоотдачи, красный молочный скот, фенотипическая база, коэффициент корреляции.

I.P. SHEIKO, V.N. TIMOSHENKO, N.I. PESOTSKY,
Z.I. SHEMETOVETS, M.V. BARANOVSKY, E.N. PESOTSKY

INDICATORS CHARACTERIZING THE MILK FLOW RATE OF RED DAIRY CATTLE

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

In modern dairy cattle breeding, milk flow rate is of great importance for evaluation and selection of animals suitable for robotic milking under conditions of industrial milk production technologies. Using methods of correlation analysis, it is possible to determine the degree of relationship between milk flow and various morpho-functional properties of the udder and subsequently use the obtained result in the selection process. The paper contains the materials of research aimed at studying the correlations between the main indicators of milk flow rate in red dairy cows. In the course of research, the creation of a phenotypic database on milk flow rate indicators

of red dairy cattle was initiated. Correlations between the main indicators of milk flow rate of cows were studied. Based on the data obtained, it was found that daily milk yield and lactation number had a positive effect on milk flow rate. Increase in daily milk yield by 1 kg is associated with an increase in milk flow rate by 0.068 kg/min ($p < 0.001$).

Keywords: milk flow rate, red dairy cattle, phenotypic database, correlation coefficient.

Введение. В современном молочном скотоводстве скорость молокоотдачи имеет большое значение для оценки и отбора животных, пригодных к роботизированному доению в условиях промышленных технологий производства молока. Наименее изученным вопросом в плане использования в селекционно-племенной работе является обоснование отбора показателя оценки молокоотдачи. В настоящее время в мире наиболее известны три направления по оценке молокоотдачи коров: прямой учёт молока в течение времени доения; субъективный метод балльной оценки скорости молокоотдачи; оценка корреляционных связей молокоотдачи с морфофункциональными свойствами вымени.

При прямом учёте скорость молокоотдачи контролируют за первую или третью лактацию в период с 30-го по 150-й день лактации. При определении скорости молокоотдачи учитывают: общее количество молока за дойку в килограммах; продолжительность доения в минутах с момента надевания стаканов до окончания молокоотдачи; среднее количество молока в килограммах, надоенное за минуту [1]. При отсутствии специального доильного аппарата для раздельного выдаивания четвертей вымени скорость молокоотдачи определяют обычными доильными аппаратами, при этом время доения определяют секундометром, а полученный объём молока взвешивают или измеряют по специальной шкале на доильных бачках. Отсчёт времени начинают с момента надевания последнего стакана и заканчивают при снятии доильных стаканов. При расчётах секунды переводят в десятые доли минуты из расчёта 0,1 минуты равна 6 секундам.

При субъективном методе балльной оценки скорость молокоотдачи оценивается в течение первых шести месяцев первой лактации по следующей шкале: «очень медленная», «медленная», «средняя», «быстрая», «очень быстрая» и определяется процентом будущих дочерей быков-производителей, которые по результатам первой лактации будут иметь скорость молокоотдачи, характеризующуюся термином «средняя» или «быстрая». При данном методе скорость молокоотдачи оценивают визуально сами владельцы молочных ферм (фермеры) или представители специальной контроль-ассистентской службы [2].

К морфофункциональным свойствам вымени коров относят размер и форма вымени, количество долей, кровоснабжение. Большой объём

вымени ассоциируется с большей молокоотдачей, так как в нём может накапливаться больше молока. Однако слишком большое может привести к проблеме со здоровьем. Неправильная форма вымени может затруднять доение и снижать продуктивность коров.

Используя методы корреляционного анализа, можно определить степень связи между молокоотдачей и различными морфофункциональными свойствами вымени. Выявленные наиболее сильные корреляционные связи с морфофункциональными свойствами вымени могут быть использованы в селекционном процессе [3, 4].

Цель работы – изучение корреляционных связей между основными показателями скорости молокоотдачи красных молочных коров.

Материал и методика исследований. На информации, полученной путём автоматических измерений на роботизированной доильной установке ГЕА ФАРМ-технологии, в РПУП «Устье» НАН Беларуси» сформирована фенотипическая база данных по показателям скорости молокоотдачи красного молочного скота в количестве 974 голов.

Статистическая обработка и выявление корреляционных связей между основными показателями скорости молокоотдачи осуществлены в среде статистического программирования R [5].

Результаты исследований и их обсуждение. Созданная фенотипическая база данных по скорости молокоотдачи включает такие показатели как средняя молокоотдача, максимальная скорость потока молока, продолжительность доения долей вымени, надой долей вымени, разовый надой, надой за сутки. Результаты статистической обработки показателей, характеризующих скорость молокоотдачи, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Средние значения и изменчивость показателей молокоотдачи коров

Показатель молокоотдачи	M±m	Cv, %
Средняя молокоотдача, кг/мин	2,38±0,04	45,3
Разовый удой, кг	11,5 ± 0,23	40,1
Суточный удой, кг	21,9 ± 0,27	37,7
Максимальная скорость потока молока, кг/мин	4,65 ± 0,05	33,7

Установлено, что показатель изменчивости средней скорости молокоотдачи значительно превышал соответствующее значение максимальной скорости молокоотдачи, которая имела меньшую зависимость от технологических факторов. Время доения четвертей вымени представлено в таблице 2. Наибольшее время доения наблюдается в задних четвертях. Это соответствует биологической норме (задние доли вымени обычно более продуктивны). Анализ продуктивности четвертей вымени представлен в таблице 3.

Таблица 2 – Время доения четвертей вымени коров, сек

Четверть вымени	M±m	Cv, %
Задняя левая	305 ± 5,4	54,9
Задняя правая	308 ± 5,3	53,4
Передняя левая	284 ± 5,4	59,8
Передняя правая	279 ± 5,4	60,8

Таблица 3 – Средний удой в разрезе четвертей вымени коров, кг

Четверть вымени	M±m	Cv, %	Доля в общем удое, %
Задняя левая	3,14 ± 0,05	50,0	27
Задняя правая	3,38 ± 0,05	48,0	29
Передняя левая	2,66 ± 0,06	66,3	23
Передняя правая	2,47 ± 0,04	51,0	21

Задние четверти дают 56 % общего удоя, что типично для молочных пород. Разница в удоях между задней левой и передней левой долями вымени составляет 0,48 кг, а между задней правой и передней левой – 0,91 кг молока.

Выявлены корреляционные связи между основными показателями молокоотдачи и продолжительностью доения долей вымени, а также удоем в этих долях (таблица 4).

Установлено, что при увеличении времени доения отдельных долей снижаются показатели средней скорости молокоотдачи ($r = -0,59; -0,61$) и максимальной скорости потока молока ($r = -0,23; -0,25$) и, наоборот, при увеличении выхода молока по четвертям увеличивается средняя скорость молокоотдачи и максимальная скорость потока молока. Выявлены положительные корреляционные связи основных показателей скорости молокоотдачи с разовым, суточным и удоем по долям вымени от 0,21 до 0,47.

Используя множественную линейную регрессию установили, что наблюдается увеличение средней скорости молокоотдачи с увеличением надоя задней левой части вымени на 0,13 кг/мин ($p < 0,001$) и задней правой части вымени на 0,05 кг/мин ($p < 0,05$), а также с увеличением надоя передней левой и передней правой долей вымени на 0,01 кг/мин ($p < 0,05$) и 0,14 кг/мин ($p < 0,001$) соответственно. Удой за сутки и номер лактации положительно влияют на скорость молокоотдачи. Увеличение суточного удоя на 1 кг связано с ростом скорости молокоотдачи на 0,068 кг/мин ($p < 0,001$).

Таблица 4 – Корреляционная матрица основных показателей, характеризующих скорость молокоотдачи

Показатель скорости молокоотдачи	Разовый удой	Удой за сутки	ПДЗЛ	ПДЗП	ПДПЛ	ПДПП	НЗЛ	НЗП	НПЛ	НПП
Средняя молокоотдача, кг/мин	0,42	0,47	-0,60	-0,59	-0,61	-0,59	0,34	0,31	0,22	0,34
Максимальная скорость потока молока, кг/мин	0,37	0,47	-0,24	-0,23	-0,25	-0,25	0,28	0,31	0,21	0,32

Примечание: У – ПДЗЛ – продолжительность доения задней левой доли вымени, ПДЗП – продолжительность доения задней правой доли вымени, ПДПЛ – продолжительность доения передней левой доли вымени, ПДПП – продолжительность доения задней правой доли вымени, НЗЛ – надой задней левой доли вымени, НЗП – надой задней правой доли вымени, НПЛ – надой передней левой доли вымени, НПП – надой передней правой доли вымени.

Заключение. Созданная фенотипическая база данных включает 974 красных молочных коров с информацией 11688 записей измерений по показателям средней и максимальной скорости молокоотдачи, продолжительности доения и удою по долям вымени, удою за одно доение и за сутки. Выявлены отрицательные корреляционные связи между основными показателями молокоотдачи и продолжительностью доения по долям вымени от -0,60 до -0,23 и положительные корреляционные связи с разовым, суточным и удоем по долям вымени от 0,21 до 0,47. Удой за сутки и номер лактации положительно влияют на скорость молокоотдачи. Увеличение суточного удоя на 1 кг связано с ростом скорости на 0,068 кг/мин ($p < 0.001$).

Литература

1. Зоотехнические правила оценки селекционируемых признаков племенного животного, племенного стада, их расчёта и измерения от 17.08.2022 № 84 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – URL: https://www.mshp.gov.by/ru/documents_plem-ru/view/zootexnicheskie-pravila-otsenki-selektcioniruemykh-priznakov-plemennogo-zhivotnogo-plemennogo-stada-ix-rasc-8697 (дата обращения: 15.02.2025 г.).
2. Sewalem, A. Genetic parameters of milking temperament and milking speed in Canadian Holsteins / A. Sewalem, F. Miglior, G. J. Kistemaker // J. Dairy Sci. – 2011. – Vol. 94. – P. 512–516. – DOI:10.3168/jds.2010-3479.
3. Sources of variation in milk flow characteristics at udder and quarter levels / V. Tancin, B. Ipema, P. Hogewerf, J. Macuhova // J. Dairy Sci. – 2006. – Vol. 89. – P. 978–988. – DOI: 10.3168/jds.2010-3479.
4. Preliminary bacterial study on subclinical mastitis and teat condition in dairy herds around Shiraz / M. Haghkhah, M. R. Ahmadi, H. R. Gheisari, A. Kadivar // Turk. J. Vet. Anim. Sci. – 2011. – Vol. 35(6). – P. 387-394. DOI: 10.3906/vet-0907-81
5. Кабаков, Р. И. Р в действии. Анализ и визуализация данных в программе R / Р. И. Кабаков. – Москва : ДМК Пресс, 2014. – 588 с. – ISBN 978-5-947060-077-1.

Поступила 16.04.2025 г.

УДК 636.2.085.13

Г.В. БЕСАРАБ¹, В.П. ЦАЙ¹, С.Н. ПИЛЮК¹, И.Ф. ГОРЛОВ²,
М.И. СЛОЖЕНКИНА², Н.П. БУРЯКОВ³, Н.А. СВЯТОГОРОВ⁴,
П.В. СКИПИН⁴, Н.П. РАЗУМОВСКИЙ⁵, В.Н. КАРАБАНОВА⁵

**ПИЩЕВАРЕНИЕ В РУБЦЕ И ПЕРЕВАРИМОСТЬ
ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ
МОЛОДНЯКУ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА
НЕБЕЛКОВОГО АЗОТА**

¹*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

²*Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград, Россия*

³*Российский государственный университет – МСХА
им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия*

⁴*Донской государственный аграрный университет,
пос. Персиановский, Россия*

⁵*Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия
ветеринарной медицины, г. Витебск, Республика Беларусь*

Дефицит кормового белка остаётся одной из основных проблем в кормлении сельскохозяйственных животных, решить которую невозможно без достаточного знания процессов распада кормового протеина и синтеза микробного белка в рубце. Особое значение этому придаётся при разработке научно-обоснованного кормления животных, поэтому целью научной работы было установить влияние скармливания молодняку крупного рогатого скота синтетических азотистых небелковых веществ (диаммонийфосфата и фосфорнокислой мочевины) на расщепление протеина в рубце и переваримость питательных веществ рационов. В процессе исследований установлено, что в комбикормах с включением изучаемых веществ повышается расщепляемость протеина, ЛЖК в рубцовой жидкости, численность инфузорий, общего и белкового азота, а также снижается накопление в рубцовой жидкости аммиака. Переваримость питательных веществ рационов и клетчатки животными, потреблявшими 10 % диаммонийфосфата и фосфорнокислой мочевины, также повысилась по сравнению с аналогами контрольной группы.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, комбикорм, корма, диаммонийфосфат, фосфорнокислая мочевина, рубцовое пищеварение, переваримость.

G.V. BESARAB¹, V.P. TSAI¹, S.N. PILYUK¹, I.F. GORLOV²,
M.I. SLOZHENKINA², N.P. BURYAKOV³, N.A. SVYATOGOROV⁴,
P.V. SKRIPIN⁴, N.P. RAZUMOVSKY⁵, V.N. KARABANOVA⁵

DIGESTION IN THE RUMEN AND DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS WHEN FEEDING YOUNG CATTLE WITH NON-PROTEIN NITROGEN

¹*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

²*Povolzhsky Research Institute of Production and*

Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd, Russia

³*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural
Academy, Moscow, Russia*

⁴*Don State Agrarian University, Persianovski set., Russia*

⁵*Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus*

Feed protein deficiency remains one of the main problems in farm animal feeding, which cannot be solved without sufficient knowledge of the processes of feed protein breakdown and microbial protein synthesis in the rumen. This is of particular importance in the development of scientifically based animal feeding, so the purpose of the scientific work was to determine the effect of feeding young cattle synthetic nitrogenous non-protein substances (diammonium phosphate and urea phosphate) on protein breakdown in the rumen and digestibility of nutrients of diets. Studies have shown that in compound feed containing the studied substances, the breakdown of protein, VFA in rumen fluid, the number of ciliates, total and protein nitrogen increases, and the accumulation of ammonia in rumen fluid decreases. The digestibility of nutrients and fiber in animals consuming 10% diammonium phosphate and urea phosphate also increased compared to the control group.

Keywords: young cattle, compound feed, feed, diammonium phosphate, urea phosphate, ruminal digestion, digestibility.

Введение. Кормление – один из основных показателей, влияющих на количество и качество получаемой продукции животноводства [1, 2, 3]. С увеличением продуктивности значительно возрастают требования к качеству кормов и их способности удовлетворять потребности животных в питательных веществах [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

В последние годы особо пристальное внимание уделялось вопросам протеинового питания жвачных животных, поскольку дефицит кормового белка остаётся одной из основных проблем в кормлении сельскохозяйственных животных [11, 12, 13, 14, 15, 16]. Многочисленные исследования показали, что решение вопросов рационального питания жвачных животных невозможно без достаточного знания процессов распада кормового протеина и синтеза микробного белка в рубце.

Особое значение этому придаётся при разработке научно-обоснованного кормления животных, так как потребность высокопродуктивных животных удовлетворяется как за счёт микробного белка, так и высококачественного белка корма, избежавшего распада в рубце [17, 18, 19, 20]. В связи с этим изучение условий, способствующих интенсивному синтезу микробного белка в рубце за счёт простых азотистых соединений, снижению распада высококачественных белков корма и увеличению поступления их в кишечник, является важной задачей в разработке мероприятий по повышению эффективности использования корма и продуктивности животного [21, 22, 23, 24, 25].

Использование небелковых азотистых веществ в составе комбикормов и амидных добавок позволяет высвободить значительное количество высокопротеиновых растительных кормов (жмыхов, шротов) для кормления моногастричных животных [26, 27, 28, 29, 30].

Цель исследований – установить влияние скармливания молодняку крупного рогатого скота азотистых веществ небелковой природы на расщепление протеина в рубце и переваримость питательных веществ рационов.

Материал и методика исследований. Исследования проведены в условиях физиологического корпуса РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Национальной академии наук Беларуси по животноводству» и в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской области на 5-ти группах молодняка крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы, подобранных по принципу пар-аналогов.

Различия в кормлении заключались в том, что в рацион животных II и III опытных групп включали 10 и 20 % диаммонийфосфата (ДАФ), IV и V – фосфорнокислой мочевины (ФМ). Контрольная группа получала основной рацион без добавок. Полную норму синтетических веществ скармливали через 7 дней после приучения животных к возрастающим дозам (таблица 1).

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	Количество животных в группе, голов	Продолжительность исследований, дней	Условия кормления
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
I контрольная	10	90	Основной рацион (ОР): сенаж, силос, комбикорм КР-3
II опытная	10	90	ОР+ комбикорм с включением 10% ДАФ

1	2	3	4
III опытная	10	90	ОР+ комбикорм с включением 20% ДАФ
IV опытная	10	90	ОР+ комбикорм с включением 10% ФМ
V опытная	10	90	ОР+ комбикорм с включением 20% ФМ

В процессе зоотехнических исследований изучались следующие показатели: химический состав и поедаемость кормов, процессы рубцового пищеварения, переваримость питательных веществ рационов.

Расщепляемость кормов в рубце определяли по ГОСТ 28075-89. Продолжительность инкубации корма в рубце составляла 4, 6 и 24 часа.

Цифровые материалы проведённых исследований обработаны методом вариационной статистики с учётом критерия достоверности по Стьюденту с использованием программного пакета Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Для достижения поставленной цели были отобраны образцы кормов, используемые в кормлении молодняка крупного рогатого скота (комбикорм, силос кукурузный, сенаж злаково-бобовый) в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита», и исследованы в лаборатории оценки качества кормов и биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству».

На основании полученных данных разработаны комбикорма для молодняка крупного рогатого скота с вводом азотистых веществ небелковой природы – диаммонийфосфата и фосфорнокислой мочевины (САВ). В опытных комбикормах для молодняка крупного рогатого уровня сырого протеина составил 136,8-144,3 грамма в 1 килограмме. Обменной энергии содержалось в сухом веществе комбикормов от 11,7 до 12,5 МДж. Содержание переваримого протеина на 1 МДж ОЭ составило 7,8-8,5 грамма. Учёт поедаемости кормов в рационах животных показал, что по среднесуточному потреблению их и структуре рационов между животными контрольной и опытных групп значительных различий не установлено. Смесь концентрированных кормов поедалась животными без остатков. Установлено, что в комбикормах с включением синтетических азотистых небелковых веществ (диаммонийфосфата и фосфорнокислой мочевины) расщепляемость протеина была выше на 6-8 п. п., чем в контрольном комбикорме без включения САВ (рисунок 1).

Скармливание молодняку крупного рогатого скота синтетического азотистого вещества небелковой природы в виде диаммонийфосфата и фосфорнокислой мочевины в количестве 10 и 20 % от массы комбикорма сопровождалось повышением уровня микробиологических и ферментативных процессов, что увеличило расщепляемость протеина

комбикорма, которая составила через 24 часа 83-88 %.

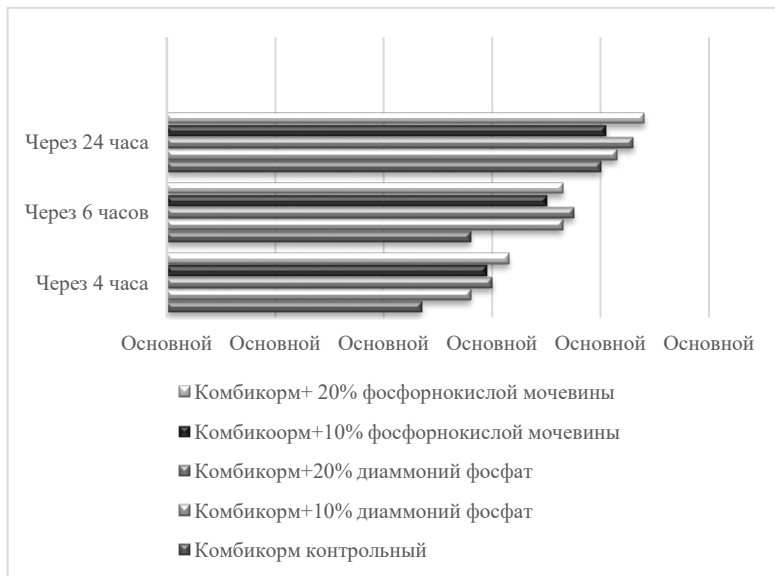


Рисунок 1 – Расщепляемость комбикорма по протеину при использовании САВ – диаммонийфосфата и фосфорнокислой мочевины

В рубцовой жидкости молодняка крупного рогатого скота II опытной группы концентрация аммиака оказалась на 13,93 % ($P<0,05$) ниже I контрольной (таблица 2).

Таблица 2 – Биохимические и микробиологические параметры рубцового пищеварения

Показатель	Группа				
	I	II	III	IV	V
pH	7±0,1	6,6±0,1	7,2±0,10	6,7±0,10	7,1±0,10
ЛЖК, ммоль/100 мл	10,2±0,2	12,2±0,6	10,6±0,30	12,6±0,6	10,4±0,40
Аммиак, мг/100 мл	20,1±0,5	17,3±0,4	21,5±1,30	17,9±0,5	21±10
Инфузории, тыс./ 100 мл	495,7±3,4	511±12,20	482,3±6,20	566,7±16,3	485,3±4,90
Азот:					
общий	180±0,6	194,3±2,2**	178,3±4,90	200±2,3**	169,3±5,40
небелковый	59,5±0,3	67±0,6	60,7±0,90	71,7±1,8	49,7±1,2
белковый	120±1,2	127,3±1,4*	117,3±1,80	128,3±1,4*	119,7±2,20

Примечание: здесь и далее – * $P<0,05$; ** $P<0,01$

Содержание аммиака в жидкой части рубцового содержимого III и V опытных групп было выше I контрольной на 6,97 и 4,48 % соответственно. Накопление аммиака в рубце аналогов IV опытной группы было на 10,95 % ($P<0,05$) меньше контроля.

Повышение синтеза ЛЖК во II и IV опытных группах на 19,61 и 23,53 % ($P<0,05$) привело к снижению pH на 4,29 и 5,7 % соответственно.

Число инфузорий в рубце животных всех групп находилось в пределах близких величин. Ввод в состав комбикорма диаммонийфосфата и фосфорнокислой мочевины в количестве 20 % ингибировало развитие инфузорий на 2,1-2,7 %, ввод в состав комбикорма 10 % диаммонийфосфата и фосфорнокислой мочевины оказало положительное влияние на рост клеток инфузорий, увеличив их численность на 3,09-14,32 % ($P<0,05$).

Наибольшее количество белкового азота установлено в общем азоте рубца животных IV опытной группы, что выше контроля на 6,92 %.

Использование диаммонийфосфата и фосфорнокислой мочевины способствовало повышению переваримости питательных веществ рациона по сравнению с контрольным вариантом (таблица 3).

Таблица 3 – Переваримость питательных веществ рациона

Показатель	Группа				
	I	II	III	IV	VI
Сухое вещество	61,4±0,8	64,1±1,4	61,9±2	65,1±0,8*	62,8±0,5
Органическое вещество	59,8±0,8	62,5±1,6	60,3±2	63,6±0,8*	61,2±0,6
Протеин	37,7±2,9	45,7±0,8	39,5±1,4	42,8±0,6	40,1±0
Жир	41,6±2,5	60,9±7,3	45,5±2,7	52,2±0,1*	49±0,6*
Клетчатка	63,9±3	65,6±1,9	65,5±2,9	69,4±0,6	67,2±0,9
БЭВ	63,3±1,2	64,6±1,9	62,9±2,1	65,9±1,4	63,6±1,2

Наибольшая переваримость питательных веществ рациона наблюдалась в опытных группах животных, где использовался диаммонийфосфат и фосфорнокислая мочена в количестве 10 % по массе в составе комбикорма. Так, переваримость сухого вещества во II и IV опытных группах на 4,4 и 3,7 п. п., а также в V опытной группе на 2,28 п. п. оказалась выше, чем в контрольной. Максимальный коэффициент переваримости органического вещества отмечен в II, IV, V опытных группах – он выше контрольной группы на 2,7 п. п., 3,8 и 1,4 п. п. соответственно. Переваримость протеина оказалась выше во всех опытных группах, но во II и IV группах этот показатель был самым высоким и превосходил контрольную группу на 8,0 и 5,1 п. п. Переваримость жира рациона во II и IV группах была выше на 19,3 и 10,6 п. п. по сравнению с

контрольной группой. Переваримость клетчатки в II, III, IV и V опытных группах была выше на 1,7 п. п., 1,6, 5,5 и 3,3 п. п., чем в контрольной группе. Максимальные коэффициенты переваримости БЭВ отмечены в II и IV группах, они были выше, чем в контроле на 1,3 и 2,6 п. п. соответственно.

Заключение. Установлено, что в комбикормах с включением синтетических азотистых небелковых веществ (диаммонийфосфата и фосфорнокислой мочевины) расщепляемость протеина повышается на 6-8 п. п., ЛЖК в рубцовой жидкости – на 19,61-23,53 %, численности инфузорий – на 3,09-14,32 %, общего и белкового азота – на 7,94-11,11 и 6,08-6,92 % ($P<0,05$), снижается накопление в рубцовой жидкости аммиака на 10,95-13,93 % ($P<0,05$), чем в контрольной комбикорме без включения САВ.

Переваримость сухого вещества животными, потреблявшими 10 % диаммонийфосфата и фосфорнокислой мочевины, повысилась на 4,4 и 3,7 п. п., органического вещества – на 2,7 и 3,8, протеина – на 8,0 и 5,1, жира – на 19,3 и 10,6, БЭВ – на 1,3 и 2,6 п. п. соответственно. Переваримость клетчатки во всех группах оказалась выше на 1,7 п. п., 1,6, 5,5, 3,3 п. п., чем в контрольной группе.

Литература

1. Люндышев, В. А. Поваренная соль с микродобавками в рационах бычков / В. А. Люндышев, В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин // Агропанорама. – 2012. - № 6(94). – С. 13-15.
2. Богданович, И. В. Эффективность использования цельного зерна кукурузы в кормлении молодняка крупного рогатого скота в молочный период / И. В. Богданович // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы : материалы V науч.-практ. конф. с междунар. участием, Вологда - Молочное, 21-25 февр. 2022 г. / ВНИЦ РАН. – Вологда, 2022. – С. 152-157.
3. Богданович, И. В. Переваримость и использование телятами питательных веществ рационов с включением ЗЦМ / И. В. Богданович // Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Брянск, 24–25 марта 2022 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2022. – С. 252-256.
4. Технология получения конкурентоспособной говядины от мясного скота в условиях пойменного земледелия / Н. А. Попков, И. С. Петрушко, С. В. Сидунов, Р. В. Лобан, В. И. Леткевич, В. Ф. Радчиков, А. А. Козырь, И. Г. Зубко, М. М. Мысливец, И. П. Янель, М. Н. Чадович, М. М. Булыга, А. В. Кузьменко, В. Н. Пиллюк ; Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству ; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Жодино, 2015. – 92 с. – ISBN 978-985-6895-21-3.
5. Радчиков, В. Ф. Новые ферментные препараты в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков. – Жодино, 2003. – 71 с. – ISBN 985040047.
6. Панова, В. А. Эффективность скармливания биологически активного препарата оксидата торфа молодняку крупного рогатого скота / В. А. Панова, В. Ф. Радчиков, Н. В. Лосев // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству : редкол. : И. П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жодино, 2003. – Т. 37. – С. 173-176.
7. Богданович, И. В. Эффективность выращивания телят в зависимости от способа скармливания цельного зерна кукурузы в составе комбикормов / И. В. Богданович //

Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Брянск, 24–25 марта 2022 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2022. – С. 247-252.

8. Люндышев, В. А. Продуктивное использование энергии рационов бычками при включении в состав комбикормов органического микроэлементного комплекса / В. А. Люндышев, В. Ф. Радчиков, В. П. Цай // Агропанорама. – 2019. - № 4. – С. 33-37.

9. Организация полноценного кормления сельскохозяйственных животных с использованием органических микроэлементов / И. П. Шейко, В. Ф. Радчиков, А. И. Саханчук [и др.] // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2014. - № 3. – С. 80-86.

10. Повышение эффективности использования протеина в рационах молодняка крупного рогатого скота / Т. Л. Сапсальева, Д. М. Богданович, А. Н. Кот, М. В. Джумкова, Н. Н. Мороз, В. А. Люндышев // Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства : сб. науч. работ междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию со дня рожд. проф. Лебедько Егора Яковлевича, Брянск, 15 дек. 2023 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – С. 266-271.

11. Балансирование рационов коров по минеральным веществам дефекатом / Е. О. Гливанский, Г. Н. Радчикова, Д. В. Медведева, С. Н. Пиллюк, М. В. Джумкова, И. В. Богданович // Модернизация аграрного образования : сб. науч. тр. по материалам VII Междунар. науч.-практ. конф., Томск, 14 дек. 2021 г. / НГАУ. – Томск-Новосибирск : Золотой колос, 2021. – С. 948-951.

12. Рекомендации по использованию молока коз-продуцентов рекомбинантного лактоферрина в рационах телят молочного периода / Д. М. Богданович, В. Ф. Радчиков, А. И. Будевич, Е. В. Петрушко, А. Н. Кот, Е. И. Приловская ; Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству. – Жодино, 2021. – 21 с.

13. Эффективность включения в рацион телят заменителя сухого обезжиренного молока / В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот, Т. Л. Сапсальева, М. В. Джумкова, Л. Н. Гамко, А. Г. Менякина, О. Ф. Ганущенко, В. Г. Микулёнок // Инновации в отрасли животноводства и ветеринарии : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию со дня рожд. и 55-летию трудовой деятельности Заслуж. деятеля науки РФ, Заслуж. учёного Брянской области, Почётного профессора Брянского ГАУ, д-ра с.-х. наук Гамко Леонида Никифоровича, Брянск, 15–16 апр. 2021 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2021. – Ч. 1. – С. 263-271.

14. Сравнительная эффективность использования в кормлении телят цельного молока и его заменителя / В. Ф. Радчиков, М. Е. Радько, Е. И. Приловская, И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина // Аграрно-пищевые инновации. – 2020. - № 2 (10). – С. 50-61.

15. Повышение продуктивного действия злаково-бобовой зерносмеси / Д. М. Богданович, А. М. Глиикова, А. Н. Кот, М. В. Джумкова, С. Н. Пиллюк, Л. Н. Гамко // Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства : сб. науч. работ междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию со дня рожд. проф. Лебедько Егора Яковлевича, Брянск, 15 дек. 2023 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – С. 235-239.

16. Эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота белково-витаминно-минеральных добавок / А. М. Глиикова, А. Н. Кот, М. В. Джумкова, В. М. Будько, Л. А. Возмитель, Д. В. Медведева // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 01-02 июня 2023 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – Ч. 1. – С. 57-63.

17. Сушенная барда в рационах бычков / А. Н. Кот, В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, Г. В. Бесараб, С. А. Ярошевич, Л. А. Возмитель, О. Ф. Ганущенко, И. В. Сучкова, В. Н. Куртина // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сб. науч. ст. по материалам XXI Междунар. науч.-практ. конф. / ГГАУ. – Гродно, 2018. – С. 161-163.

18. Подготовка зерна к скармливанию как способ повышения эффективности его использования в кормлении крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, А. Н. Кот, И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, А. И. Сивков, Н. И. Мосолова // Научное обеспечение животноводства Сибири : материалы II междунар. науч.-практ. конф., Красноярск, 17-

18 мая 2018 г. / Красноярский НИИЖ. – Красноярск, 2018. – С. 189-194.

19. Физиологическое состояние и переваримость питательных веществ при скармливании молодняку крупного рогатого скота солода пивоваренного / Е. Е. Парханович, В. П. Цай, А. М. Глиникова, М. Д. Джумкова, Д. В. Медведева, М. М. Карпеня, Е. А. Лёвкин, И. В. Сучкова // Животноводство Беларуси: вчера, сегодня, завтра : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» и 110-летию юбилею д-ра с.-х. наук, проф. А. А. Гайко, Жодино, 24-25 окт. 2024 г. / Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству. – Минск : Беларуская навука, 2024. – С. 152-155.

20. Богданович, И. В. Эффективность производства говядины при включении в рацион цельного зерна кукурузы / И. В. Богданович // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству : редкол. : И. П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жодино, 2022. – Т. 57, ч. 1. – С. 168-176. – DOI 10.47612/0134-9732-2022-57-1-168-176.

21. Влияние скармливания молодняку крупного рогатого скота кормов с разной расщепляемостью протеина на физиологическое состояние и переваримость питательных веществ кормов / В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот, М. М. Карпеня [и др.] // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 01-02 июня 2023 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – Ч. 1. – С. 155-160.

22. Комбикорм КР-3 экструдированным обогатителем в рационах бычков на откорме / В. Ф. Радчиков, Л. С. Шинкарёва, В. К. Гурин, О. Ф. Ганущенко, С. А. Ярошевич // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. / БГСХА ; редкол. : М. В. Шалак [и др.]. – Горки, 2014. – Вып. 17, ч. 1. – С. 114-123.

23. Радчиков, В. Ф. Использование новых БВМД на основе местного сырья в рационах бычков / В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот, А. Н. Шевцов // Учёные записки УО «Витебская орденена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины». – 2004. – Т. 40, ч. 2. – С. 205-206.

24. Новые БВМД в рационах молодняка крупного рогатого скота / В. П. Цай, Г. Н. Радчикова, И. В. Богданович [и др.] // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти акад. РАН В.П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Солёное Займище, 10-12 авг. 2021 г. / ПАФНЦ РАН. – Солёное Займище, 2021. – С. 1540-1545.

25. Богданович, И. В. Эффективность производства говядины при включении в рацион новых кормовых добавок / И. В. Богданович // Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. студенческой конф., Брянск, 26-27 марта 2020 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2020. – С. 212-216.

26. Экструдированный пищевой концентрат в рационах молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков, С. Л. Шинкарёва, В. К. Гурин, В. П. Цай, О. Ф. Ганущенко, А. Н. Кот, Т. Л. Спассалёва ; Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Жодино, 2017. – 118 с. – ISBN 978-985-6895-22-0.

27. Физиологическое состояние и продуктивность бычков при скармливании зерна новых сортов крестоцветных и бобовых культур / В. Ф. Радчиков, И. Ф. Горлов, В. К. Гурин, В. А. Люндышев // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / ГГАУ ; редкол. : В. К. Пестис (гл. ред.) [и др.]. – Гродно, 2014. – Т. 26. – С. 246-257.

28. Радчиков, В. Ф. Использование новых кормовых добавок в рационе молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков, Е. А. Шнитко // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных : сб. науч. тр. СКНИИЖ по материалам 6-ой междунар. науч.-практ. конф., Краснодар, 15-17 мая 2013 г. / СКНИИЖ. – Краснодар, 2013. – Ч. 2. – С. 151-155.

29. Повышение кормовой ценности комбикормов для телят / Г. Н. Радчикова, А. Н. Кот, И. В. Богданович, А. К. Натыров, Н. Н. Мороз, М. М. Карпеня, Н. А. Шарейко, И. В. Сучкова, А. В. Жалнеровская // Научное обеспечение устойчивого развития

агропромышленного комплекса : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти акад. РАН В.П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Солонное Займище, 10-12 авг. 2021 г. / ПАФНЦ РАН. – Солонное Займище, 2021. – С. 1448-1453.

30. Кормовые добавки из зерна высокобелковых культур в кормлении молодняка крупного рогатого скота / Т. Л. Сапсалева, М. И. Сложенкина, Н. И. Мосолова, П. В. Скрипин, А. В. Козликин, Н. А. Святогоров, М. В. Джумкова, А. В. Астренков, Т. М. Натинчик, Е. И. Приловская // Животноводство Беларуси: вчера, сегодня, завтра : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» и 110-летию юбилею д-ра с.-х. наук, проф. А. А. Гайко, Жодино, 24-25 окт. 2024 г. / Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству. – Минск: РУП "Беларуская навука", 2024. – С. 195-198.

Поступила 24.03.2025 г.

УДК 636.2.087.73

И.В. БРИТВИНА¹, Ю.Л. ОШУРКОВА¹, Е.В. НОВОЛОЦКАЯ¹,
Е.А. СМЕТКИНА¹, В.П. КОРОТКИЙ², В.А. РЫЖОВ²,
В.Ф. РАДЧИКОВ³ И.В. БОГДАНОВИЧ³

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХВОЙНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ В КОРМЛЕНИИ КОРОВ

¹*Вологодская государственная молочно-хозяйственная академия
имени Н.В. Верещагина, г. Вологда, Россия*

²*ООО Научно-технический центр «Химинвест»,
Нижний Новгород, Россия*

³*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

В статье приведён сравнительный комплексный анализ результатов опытов по скармливанию фитонцидной хвойной кормовой добавки коровам глубокого и новотельного периодов, проводимых в разные сезоны года. Установлено, что продуктивность коров всех групп находилась на одном уровне, но более плавная «лактационная кривая» была у животных опытных групп, потреблявших изучаемую добавку, по сравнению с контролем, что увеличило число коров из неоплодотворенных после первой схемы осеменения, проявивших полноценную синхронную охоту и результативно осеменённых во второй раз. Молочная продуктивность коров I опытной группы была выше на 3,1 кг и прибавка удоя по отношению к началу опыта у них оказалась выше, чем в контроле на 2,5 кг. Качество молока было выше у животных опытной группы: по жиру – на 0,36-0,07 %, по белку – на 0,05-0,08 %. Экономическая эффективность в сутки по продуктивности составила 19,74 рубля.

Ключевые слова: коровы, хвойная кормовая добавка, суточный удой, стресс-факторы

I.V. BRITVINA¹, Y.L. OSHURKOVA¹, E.V. NOVOLOTSKAYA¹,
E.A. SMETKINA¹, V.P. KOROTKY², V.A. RYZHOV²,
V.F. RADCHIKOV³, I.V. BOGDANOVICH³

EFFICIENCY OF USING CONIFEROUS FEED ADDITIVE IN FEEDING COWS

*¹Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin,
Vologda, Russia*

²Scientific and Technical Center "Khiminvest", Nizhny Novgorod, Russia

*³Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus
for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

The paper presents a comprehensive comparative analysis of the results of experiments on feeding phytoncidal coniferous feed additive to down-calving and freshly calved cows, performed in different seasons of the year. It was found that the productivity of cows of all groups was at the same level, but a smoother "lactation curve" was observed in animals of the experimental groups that consumed the studied additive, compared to the control, which increased the number of cows from those unfertilized after the first insemination scheme that showed full synchronous estrus and were successfully inseminated the second time. Milk productivity of cows of the I experimental group was higher by 3.1 kg and the increase in milk yield in relation to the beginning of the experiment was higher than in the control group by 2.5 kg. Milk quality was higher in animals of the experimental group: fat - by 0,36-0,07 %, protein - by 0,05-0,08 %. The economic efficiency per day in terms of productivity was 19.74 rubles.

Keywords: cows, coniferous feed additive, daily milk yield, stress factors.

Введение. Молочное животноводство – динамично развивающаяся отрасль сельского хозяйства, которая руководствуется Доктриной национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь [1].

Валовое производство молока ежегодно увеличивается, как в России, так и в Беларуси. Растёт удой на 1 корову [2, 3, 4]. Всё это результаты совместной работы генетиков-селекционеров, технологов, менеджеров и организаторов современного хозяйствования молочных комплексов. Интенсивный обмен веществ высокопродуктивных коров предполагает введение в рацион специальных комбикормов, премиксов, энергетиков, адсорбентов, антиоксидантов, про- и пребиотиков и других кормовых добавок и средств, предотвращающих нарушение обмена веществ и сохраняющих здоровье животных. Рынок таких добавок и средств огромен. Но поиск натуральных, экономичных и эффективных средств постоянно продолжается и совершенствуется [5, 6, 7, 8].

На протяжении многих лет (особенно во второй половине 20 столетия) сельхозпроизводителями в молочном животноводстве

применялась хвоя (ели, сосны), которая скармливалась исключительно в зимний морозный период в виде лапника, доставляемого в выгульные загоны. Хвоя прекрасно поедалась животными, компенсируя недостатки в рационах витамина А (провитамин – каротин), группы В, К, Е, С и многих макро-, микроэлементов. Таким образом, в летний период необходимыми источниками витаминов являлась трава пастбищ, в зимний – хвоя. С началом сокодвижения в хвое накапливаются смолы и другие вредные вещества, которые могут вызвать отравление животных, однако с октября по апрель в ней наибольшее количество каротина и наименьшее смолистых веществ. О положительном влиянии данного вида подкормок свидетельствовали повышение молочной продуктивности, воспроизводительных способностей коров на фоне улучшения здоровья и обменных процессов в организме животных [9, 10].

В настоящее время как в Российской Федерации, Республике Беларусь, так и во многих зарубежных странах сложилась тенденция «ухода от пастбищ» в летний период и от активного моциона коров в зимний стойловый период. В связи с этим в нашей стране становится актуальным производство кормовых средств и добавок на основе натурального растительного сырья, как естественных, полезных и экологически чистых продуктов, но которые недостаточно изучены и апробированы. Значительное место среди последних разработок занимает хвоя и продукты на её основе [11, 12, 13]. Удачным решением этого вопроса для некоторых предприятий стало создание производств по приготовлению кормовых добавок для животных, в том числе адсорбентов и кормовой добавки на основе хвои, обогащённой сахарами, льняным маслом, глицерином. Многочисленные эксперименты по созданию такой оптимальной кормовой добавки (консистенция, вкус, запах, сохранность) привели к производству хвойной добавки в виде пасты, разработчиком которой является ООО НТЦ «Химинвест» (г. Нижний Новгород).

Цель исследований – изучить влияние кормовой хвойной добавки на продуктивные и воспроизводительные качества коров при кормлении в транзитный период (месяц до и месяц после отёла) и в период раздоя (60 дней после отёла).

Материал и методика исследований. Научно-хозяйственный эксперимент по изучению эффективности добавки на основе хвои проводился в ОАО «Заря» Вологодского района Вологодской области, отделение Молочное, комплекс «Ильинское». Коровы чёрно-пёстрой голштинизированной породы привязного круглогодичного стойлового содержания с продуктивностью 8-9 тыс. кг молока за лактацию на 1 корову. Коровники кирпичные. Кормление «позднего сухостоя» и «родильного отделения» с использованием групповых кормушек, на раздое – кормового стола полнорационной кормовой смесью с

индивидуальным докормом сеном, концкормами, добавками. Перегруппировка коров осуществляется регулярно в соответствии с физиологией и суточной продуктивностью. Пол деревянный, подстилка – опилки, доение в стационарный линейный молокопровод. Моцион отсутствует.

Кормление добавкой двух опытных групп коров и анализ показателей коров контрольной группы происходили с середины января до середины марта (скармливание) – зимний стойловый период (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта

Контрольная 12 голов	Опытная 1-12 голов	Опытная 2-12 голов
Хоз. рацион	Хоз. рацион+ХКД транзит- ный период (1 мес. до отела, 1 мес. После отела)	Хоз.рацион+ХКД раздой- ный период (60 дней после отела)
	150 г. ХКД	200 г. ХКД
Контролируемые показатели		
1.Количество молока		
2.Качество молока		
3. Здоровье, качество родов и послеродового периода		
4. Экономические показатели		

Примечание. ХКД – хвойная кормовая добавка.

Все подопытные животные были осмотрены визуальнo. Упитанность средняя, конституция и экстерьер соответствуют породе и физиологии (глубокоостельных). Аппетит в норме. Испытуемая кормовая добавка на основе хвои запечатана в пластиковые ведра. Раздача добавки производилась мерной кружкой в количестве 150-250 г (по схеме опытов) на голову ежедневно утром после раздачи кормовой смеси. Консистенция добавки йогуртообразная, с приятным хвойным запахом, зеленовато-жёлтого цвета, сладко-кислая с небольшим горьковатым привкусом.

У подопытных коров была взята кровь на биохимический анализ, который проводился в лаборатории факультета ветеринарной медицины и биотехнологий Вологодской ГМХА на биохимическом анализаторе «Биолаб-100».

Отбор крови у животных проводился из хвостовой вены в вакуумные пробирки и из яремной вены иглой для внутривенных вливаний, три раза: в начале опыта, после отёла (в середине опыта) и через месяц после отёла.

Идентификация животных осуществлялась с помощью меток лентами разных цветов на трафаретах.

Контроль показателей продуктивности проводили по результатам контрольных доек молокомером. Содержание белка, жира, количества

соматических клеток определяли в лаборатории Северо-Западного НИИ молочного и лугопастбищного хозяйства на приборе CombiFoss 5000.

Статистическую обработку и достоверность рассчитывали по Критерию Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение. Наблюдения за потреблением добавки показали, что часть коров сразу охотно поедала добавку, часть животных первые дни осторожно осваивала добавку, нюхая и отталкивая, затем нормально поедали.

Контроль молочной продуктивности подопытных животных проводили, учитывая суточный удой при переводе с родильного отделения (на 5-7 сутки после отёла) и далее ежемесячно.

Таблица 2– Молочная продуктивность подопытных животных

Группа	Месяцы				
	февраль апрель	март май	апрель июнь	май	среднее:
Контрольная	35,06±4,97	31,06±5,23	34,0±4,96	27,94±3,24	32,0
I опытная	30,63±2,66	33,56±3,42	32,78±7,92	28,78±6,96	31,4
II опытная	35,83±4,0	32,2±2,52	31,78±5,74	25,67±6,14	31,4
± I к контролю	-4,43	+2,5	-1,22	+0,84	
± II к контролю	+0,77	+1,14	-2,22	-2,27	

Как видно из данных таблицы 2, зимне-весенний стойловый период (февраль-апрель) для коров контрольной группы, получавших рацион, принятый в хозяйстве по суточной продуктивности, можно охарактеризовать как «скачкообразный». Средняя продуктивность после перевода на секцию «новотёла» из родильного отделения составляла 35 кг. Далее, в конце новотельного периода удой снизился до 31 кг. В начале периода раздоя суточная продуктивность увеличилась до 34 кг, в конце раздоя снизилась до 27 кг.

Сравнивая молочную продуктивность периода раздоя в опыте между I опытной и контрольной группами установили, что продуктивность в первые дни после родов была в I опытной группе ниже на 4,43 кг (30,63 кг против 35,06 кг в контроле), что обеспечило в первый месяц раздоя увеличение удоя на 2,93 кг, в последующие месяцы плавное снижение (на 0,78 и 4 кг) по сравнению с контролем (+2,94; - 6,06 кг). В результате коровы контрольной группы снизили свою продуктивность к концу раздоя на 7,12 кг, коровы опытной I группы – на 1,85 кг и средний суточный удой животных опытной I группы выше, чем в контрольной на 0,84 кг.

II опытная группа коров уступала своим аналогам предыдущих сравниваемых групп и на конец опыта составляла 25,67 кг, а в целом с начала опыта уменьшила суточный удой на 10,2 кг. Частично это может быть связано с более ранним отёлом большинства коров по сравнению с I опытной и контрольной группами (125 дней против 106 и 122 соответственно). Таким образом, коровы I опытной группы, получавшие добавку месяц до и месяц после отёла в количестве 150 г, лучше усваивали рацион и их лактационная линия более физиологична. Данный факт свидетельствует о том, что хвойную энергетическую добавку наиболее рационально давать именно в транзитный период, начиная за месяц до отёла.

По биохимическим показателям крови подопытных животных следует отметить, что все анализируемые показатели находились в пределах физиологических норм. Но каких-либо тенденций в динамике между группами не установлено.

Согласно некоторым литературным данным, содержащиеся в хвое фитонциды могут повлиять на минимизацию стресса при отёле, обеспечивая при этом здоровый процесс родов. В связи с этим мы проанализировали полученные данные гормона кортизола в крови подопытных коров (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание кортизола в крови коров в ретроспективе опыта, нг/мл

Начало опыта (сухостой)		Середина опыта (отёл)		Конец опыта (раздой)	
I опытная	контроль	I опытная	контроль	I опытная	контроль
2,80±0,15	1,63±0,22	13,57±5,05	4,51±3,52	3,86±1,24	3,07±1,44

Следует отметить, что за период исследований показатели кортизола находились в пределах нормы у всех животных.

Средние данные по группам свидетельствуют о следующем:

- перед постановкой на опыт кортизол у опытных животных составлял 2,80 нг/мл, в то время как у контрольных животных – 1,63 нг/мл, что на 41,8 % ниже, чем у опытной.

- после отёла, который можно считать фактором стресса для животных, содержание кортизола в крови коров опытной группы увеличилось в 5 раз, у коров контрольной группы – в 3 раза. Значение данного показателя в 3 раза выше у коров опытной группы по сравнению с контролем. В среднем по опытной группе животных показатели гормона стресса почти в 3 раза увеличились и в 2 раза превосходили контрольную группу, у которой кортизол снизился в 2 раза по сравнению с периодом нахождения их в сухостойном периоде.

- через месяц после отёла, в момент раздояного периода, в опытной группе показатели стресса снизились у коров в 3,5 раза. Этот факт

свидетельствует о хорошей адаптации животных к условиям раздоя.

На конец опыта из 36 голов осталось 30 (по 10 в каждой группе). В норме отёл проходил примерно у половины коров, чуть больше в I опытной группе (на одну голову). По сервис-периоду и индексу осеменения лучшие показатели у коров контрольной группы. Добавка не оказала существенного влияния на показатели воспроизводства. Положительным можно отметить тот факт, что половина (50 %) коров I опытной группы после неплототворной первой схемы синхронизации охоты пришли в естественную половую охоту и подверглись осеменению, только одна голова вновь была поставлена на вторую схему. Во II опытной и в контрольной группе таких животных на повторной схеме было соответственно 2 и 3 головы, то есть экономичность по затратам на гормональные препараты у коров I опытной группы.

Расчёт экономической эффективности скормливания добавки (по молочной продуктивности) показывает на плюсы по I опытной группе. На конец раздойного периода от коров этой группы надоили на 0,84 кг молока больше контрольной, что в денежном выражении составляет 19,74 рубля на голову в сутки.

Заключение. Коровы, получавшие хвойную кормовую добавку месяц до и месяц после отёла в количестве 150 г, лучше усваивали рацион и их лактационная линия более физиологична. Данный факт свидетельствует о том, что хвойную энергетическую добавку более целесообразно давать именно в транзитный период, начиная за месяц до отёла. На конец раздойного периода от коров I группы надоили на 0,84 кг молока больше контрольной, что в денежном выражении составляет 19,74 рубля на голову в сутки.

Литература

1. Постановление Совета министров Республики Беларусь от 15 декабря 2017 г., № 962 «О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года» // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21700962> (дата обращения: 30.01.2025).
2. Производство молока в России: проблемы, перспективы, статистика // Liton: одежда для молока. – URL: <https://www.liton.ru/blog/proizvodstvomoloka-v-rossii/> (дата обращения: 27.01.2021 г.).
3. Карташова, В. Хозяйства Вологодской области увеличили выработку молока на 5,2% / В. Карташова // Центр Агроаналитики. – URL: <https://specagro.ru/node/363> (дата обращения: 31.01.2025 г.).
4. Казакевич, П. П. Технологическая концепция «умной» молочной фермы : монография / П. П. Казакевич, В. Н. Тимошенко, А. А. Музыка ; рец. : Н. А. Садомов, А. Ф. Трофимов ; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Жодино, 2021. – 245 с.
5. Ермаков, И. Ю. Повышение молочной продуктивности коров с использованием жидкой энергетической кормовой добавки / И. Ю. Ермаков // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства / СКНИИЖ. – 2016. – Т. 5, № 2. – С. 68-72.

6. Влияние хвойно-энергетической добавки (ХЭД) на некоторые биохимические показатели крови дойных коров / Н. А. Заманбеков, Б. А. Кошкинбай, С. Т. Сиябеков [и др.] // Актуальные проблемы ветеринарной медицины : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. проф. В.А. Киришина, Казань, 05-06 апр. 2018 г. / ФЦТРББ. – Казань, 2018. – С. 301-304.
7. Изучение переваримость и усвояемость питательных веществ рациона лактирующих коров при скормливании адсорбента и антиоксиданта / З. В. Бурацева, Р. Б. Темираев, М. Г. Кокаева [и др.] // Инновации и продовольственная безопасность. – 2019. – № 1(23). – С. 103-108. – DOI 10.31677/2311-0651-2019-23-1-103-108
8. Карпова, И. К. Энергетические добавки в рационах нетелей и первотелок / И. К. Карпова // Проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса России : материалы всерос. науч.-практ. конф., Благовещенск, 19 апр. 2017 г. / Дальневосточный ГАУ. – Благовещенск, 2017. – Т. 3. – С. 54-56.
9. Использование водного настоя биомассы хвойного леса в качестве кормовой добавки для коров / В. А. Терещенко, Е. А. Иванов, О. В. Иванова, Ю. Г. Любимова // Пермский аграрный вестник. – 2021. – № 2(34). – С. 101-111. – DOI 10.47737/2307-2873_2021_34_101.
10. Древесная зелень и продукты её переработки // Фермер.ру. – URL: <https://fermer.ru/sovet/melkoe-zhivotnovodstvo-12> (дата обращения: 20.04.2024).
11. Червяков, М. Ю. Влияние хвойно-энергетической добавки на обмен веществ и интенсивность роста нетелей : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.08 / Червяков М.Ю. ; Мордовский гос. ун-т им. Н.П. Огарева. – Саранск, 2016. – 22 с.
12. Митрухин, С. Хвою-коровам! Ученые придумали как сделать молоко дешевле и полезнее / С. Митрухин // АиФ - Красноярск. – URL: https://krsk.aif.ru/society/hvoyu_korovam_uchenye_pridumali_kak_sdelat_moloko_deshevle_i_poleznnee – Дата публ. : 19.02.2020.
13. Прытков, Ю. Н. Эффективность применения хвойно-энергетической кормовой добавки в молочном скотоводстве / Ю. Н. Прытков, А. А. Кистина, М. Ю. Червяков // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 10. – С. 17-20.

Поступила 24.03.2025 г.

Н.П. БУРЯКОВ¹, В.П. КОРОТКИЙ², В.А. РЫЖОВ²,
В.Ф. РАДЧИКОВ³, М.М. КАРПЕНЯ⁴, М.В. ДЖУМКОВА³

ВЛИЯНИЕ ХВОЙНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ НА ЗДОРОВЬЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КОЗ МОЛОЧНЫХ ПОРОД

*¹Российский государственный аграрный университет –
МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия*

²Научно-технический центр «Химинвест», Нижний Новгород, Россия

*³Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Беларусь*

*⁴Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия
ветеринарной медицины, г. Витебск, Республика Беларусь*

Одной из проблем на пути к высокой продуктивности и продуктивному долголетию коз является неполноценное кормление, которое приводит к метаболическим расстройствам, рождению слабого и нежизнеспособного молодняка и др. Для повышения эффективности и снижения стоимости рационов часто используют нетрадиционные кормовые средства, в частности хвойную массу, витаминно-минеральный состав которой оказывает благоприятное влияние на здоровье животных, а также позволяет в меньшем количестве расходовать дорогостоящие премиксы. В ходе исследований установлено, что скармливание хвойно-энергетической добавки способствовало интенсификации метаболических процессов в организме коз. Введение изучаемой добавки в рацион коз во время транзитного периода способствовало повышению молочной продуктивности во время 1-го месяца лактации на 10,81-22,51 %, повысило содержание жира и белка в молоке на 2,80-5,40 % и 1,88-3,14 % соответственно, а также позволило снизить затраты кормов на получение продукции на 12,5 и 15,63 %.

Ключевые слова: козы, рацион, концентраты, хвойно-энергетическая добавка, кровь, продуктивность, эффективность

N.P. BURYAKOV¹, V.P. KOROTKY², V.A. RYZHOV²,
V.F. RADCHIKOV³, M.M. KARPENIA⁴, M.V. JUMKOVA³

INFLUENCE OF CONIFER ENERGY SUPPLEMENT ON HEALTH AND PRODUCTIVITY OF DAIRY GOATS

*¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural
Academy, Moscow, Russia*

²Scientific and Technical Center “Khiminvest”, Nizhny Novgorod, Russia

*³Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus
for Animal Breeding, Zhodino, Belarus*

⁴Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus

One of the problems on the way to high productivity and productive longevity of goats is inadequate feeding, which leads to metabolic disorders, the birth of weak and non-viable young animals, etc. To increase efficiency and reduce the cost of diets, non-traditional feedstuffs are often used, in particular coniferous mass, the vitamin and mineral composition of which has a favorable effect on animal health, and also allows to use expensive premixes in smaller quantities. In the course of research it was found that feeding conifer energy supplement contributed to the intensification of metabolic processes in the body of goats. The introduction of the studied supplement into the diet of goats during the transition period increased milk productivity during the 1st month of lactation by 10.81-22.51%, increased the content of fat and protein in milk by 2.80-5.40% and 1.88-3.14%, respectively, as well as reduced feed costs for obtaining products by 12.5 and 15.63%.

Keywords: goats, diet, concentrates, conifer energy supplement, blood, productivity, efficiency.

Введение. В России обеспечение продовольственной безопасности послужило мощным стимулом развития животноводства, в том числе молочного козоводства. Одной из проблем на пути к высокой продуктивности и продуктивному долголетию коз является неполноценное кормление. Объёмистые и зерновые корма российского производства не всегда могут конкурировать с аналогичными зарубежными кормами. Это приводит к несбалансированному питанию животных, метаболическим расстройствам, рождению слабого и нежизнеспособного молодняка, низким показателям оплодотворяемости маток, абортам и др. [1, 2].

У коз, как и у других высокопродуктивных животных молочного направления продуктивности, в последние 3-4 недели до окота повышается уровень метаболизма и увеличивается энергетическая потребность. Несбалансированное питание приводит к падению уровня глюкозы в крови и токсикозу. В то же время для развития плода требуется всё больше питательных веществ. Часто это приводит к снижению живой

массы козы из-за мобилизации жира тела. Эта ситуация ещё до окота приводит к развитию кетоза и жировому перерождению печени [3, 4].

Для повышения содержания глюкозы в крови сельскохозяйственных животных молочного направления продуктивности используют многочисленные энергетические кормовые добавки, основой которых являются глицерин, пропиленгликоль, защищённые жиры, соли летучих жирных кислот, а также легкопереваримые углеводы – сахар и крахмал в различных формах [5]. Однако данных об использовании энергетических кормовых добавок в молочном козоводстве очень немного [6, 7].

Для повышения эффективности и снижения стоимости рационов часто используют нетрадиционные кормовые средства. К ним относится фитомасса леса, в первую очередь хвоя. Свежая хвоя ели и сосны содержит 45-47 % сухого вещества, 3-4 % сырого протеина, 11-12 % сырой клетчатки, 24-28 % безазотистых экстрактивных веществ. Ценность этого корма – в его витаминном составе: в 1 кг нативного вещества хвои содержится 0,05-0,13 г каротина, 2,5-3 г витамина С, 0,01-0,02 г витамина К. Богатый минеральный состав хвойной массы позволяет в меньшем количестве расходовать дорогостоящие премиксы для молочного скота. Особенно важно для жвачных высокое содержание кобальта в этом корме. Такой состав позволяет использовать хвойную муку для обогащения рационов жвачных в хозяйствах, где используются основные корма, заготовленные в поздних фазах вегетации [8, 9].

Целью настоящего исследования является изучение влияния хвойно-энергетической добавки на здоровье и продуктивность коз молочных пород.

Материал и методика исследований. Для исследования использована хвойно-энергетическая добавка (ХЭД), произведённая для коз (таблица 1).

Таблица 1 – Состав хвойно-энергетической добавки

Компоненты	%	кг
Хвоя сосны	30,0	0,300
Глицерин	10,0	0,100
Пропиленгликоль	52,0	0,520
Глюкоза	3,0	0,030
Шрот льняной	5,0	0,050
Итого:	100,0	1,000 кг

Исследования проведены в условиях фермы «ИП Глава КФХ Акимов О.В.» Ногинского района Московской области.

Для эксперимента были отобраны контрольная (n=5), I опытная (n=10) и II опытная (n=10) группы коз чешской бурой породы, аналогичных по живой массе и срокам окота. Добавку скармливали 15 дней

до окота и 30 дней после него (таблица 2)

Таблица 2 – Схема опыта

Группа	Количество животных в группе, голов	Продолжительность опыта, дней	Характеристика кормления
Контрольная	5	45	Основной рацион (ОР) – сено злаковое + комбикорм
I опытная	10	45	ОР + 10 мл ХЭД на голову в сутки - 1-45 дни эксперимента
II опытная	10	45	ОР + 20 мл ХЭД на голову в сутки - 1-45 дни эксперимента

Во время опыта изучены следующие показатели: среднесуточный удой – через 14 и 30 дней после окота путём проведения плановых контрольных доек в хозяйстве; показатели качества молока коз – через 14 и 30 дней после окота на анализаторе качества молока Lactoscan SP; биохимические показатели сыворотки крови коз, характеризующие состояние обменных процессов – до и после опыта на автоматическом биохимическом анализаторе XL100; живая масса коз – через 14 и 30 дней после окота путём взвешивания.

Результаты исследований и их обсуждение. В течение опыта козы получали привычный рацион питания и находились в одинаковых условиях (не отличающихся от условий кормления и содержания до эксперимента). Кормление проводилось в соответствии с расписанием, установленным в хозяйствах. Рационы коз составлены в соответствии с существующими нормами кормления коз молочного направления продуктивности [2, 10, 11] (таблица 3).

Таблица 3 – Рационы подопытных коз

Корм	Количество, кг	
	15 дней до окота	30 дней после окота
Сено злаковое	2	2
Комбикорм	0,5	0,6
В рационе содержится:		
ОЭ, МДж	18,34	19,34
Сухое вещество, кг	2,10	2,19
Сырой протеин, г	275,5	293,0
Переваримый протеин, г	171,5	185,5
Кальций, г	16,2	17,0
Фосфор, г	8,0	8,8

Опытным группам коз дополнительно к основному рациону добавляли ХЭД в соответствии со схемой опыта.

Биохимический состав крови отражает все протекающие в организме процессы и дает представление о состоянии метаболизма (таблица 6).

Таблица 6 – Изменение биохимических показателей крови коз

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
До опыта			
Белок общий, г/л	80,4	82,59	82,18
Глюкоза, ммоль/л	1,72	1,71	1,72
Мочевина, ммоль/л	5,14	5,27	5,41
Холестерин, ммоль/л	2,2	2,2	2,45
АСТ, МЕ/л	97,94	98,42	104,49
АЛТ, МЕ/л	26,34	25,71	26,43
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	329,2	544,3	546,7
Кальций, ммоль/л	1,92	1,97	2,08
Фосфор, ммоль/л	1,96	2,11	2,06
После опыта			
Белок общий, г/л	81,08	76,62	71,62
Глюкоза, ммоль/л	1,78	2,93	3,71
Мочевина, ммоль/л	5,34	5,01	5,21
Холестерин, ммоль/л	2,24	2,00	2,05
АСТ, МЕ/л	97,42	82,6	78,55
АЛТ, МЕ/л	26,2	27,1	28,29
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	334,6	342,4	241
Кальций, ммоль/л	1,98	2,43	2,65
Фосфор, ммоль/л	1,92	1,81	1,88

Следует отметить, что в первой фазе сухостойного периода козы получали несбалансированный рацион, что привело к отклонению некоторых показателей от нормы. До начала эксперимента рацион был пересмотрен и приведён в соответствие с физиологическими потребностями коз. Во время эксперимента клинических признаков заболеваний у коз не выявлено.

За время опыта отмечено снижение общего белка в крови опытных групп коз, причем более заметно снизился этот показатель во II опытной группе. Перед началом опыта уровень общего белка в крови коз был немного выше нормы, после опыта в I опытной группе этот показатель приблизился к норме, а во II опытной соответствовал норме.

Уровень мочевины и холестерина в крови коз опытных групп за время исследования снизился, что характеризует высокую интенсивность обменных процессов в организме опытных коз.

Введение хвойно-энергетической добавки в рацион привело к увеличению концентрации глюкозы в крови коз I опытной группы по сравнению с тем же показателем до начала эксперимента в 1,35 раза и в крови коз II опытной группы в 2,16 раза. Содержание глюкозы в крови коз опытных групп после опыта соответствовало норме.

Уровень ферментов аспаратаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) у всех коз во время эксперимента находился в пределах нормы. Отмечено снижение уровня АСТ в крови коз опытных групп, что свидетельствует о нормализации метаболических процессов.

Концентрация щелочной фосфатазы в крови коз до начала опыта превышала норму, что, вероятно, связано с несбалансированным питанием в первой фазе сухостойного периода. После опыта этот показатель в крови коз опытных групп снизился, а во II опытной группе нормализовался.

Уровень фосфора в крови опытных коз на протяжении исследований находился в границах нормы.

Концентрация кальция в крови коз до начала эксперимента была ниже нормы. После опытного периода в группах коз, получавших ХЭД, уровень кальция вырос в I опытной группе по сравнению с тем же показателем до опыта в 1,23 раза, а во II опытной – в 1,27 раза. Полученные показатели кальция в опытных группах соответствовали норме.

Установлено, что введение в рацион коз хвойно-энергетической добавки нового состава оказало положительное влияние на молочную продуктивность опытных животных (таблица 4).

Таблица 4 – Молочная продуктивность и качество молока опытных коз

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
15-й день после окота			
Среднесуточный удой, кг	1,85	2,05	2,16
% к контролю	100	110,81	116,76
Жир, %	3,90	4,01	4,08
Белок, %	3,20	3,26	3,27
Лактоза, %	4,53	4,52	4,55
СОМО, %	8,74	8,78	8,84
Валовой удой за опытный период, кг	27,75	30,75	32,40
Выход молочного жира, кг	1,08	1,23	1,32
% к контролю	100	113,89	122,22
Выход молочного белка, кг	0,89	1,00	1,06
% к контролю	100	112,36	119,10

1	2	3	4
30-й день после окота			
Среднесуточный удой, кг	1,91	2,2	2,34
% к контролю	100	115,18	122,51
Жир, %	3,89	4,02	4,10
Белок, %	3,18	3,27	3,28
Лактоза, %	4,52	4,53	4,57
СОМО, %	8,72	8,78	8,80
Валовой удой за опытный период, кг	28,65	33,00	35,10
Выход молочного жира, кг	1,11	1,33	1,44
В % к контролю	100	119,82	129,73
Выход молочного белка, кг	0,91	1,08	1,15
% к контролю	100	118,68	126,37
В среднем за 30 дней			
Среднесуточный удой, кг	1,88	2,13	2,25
Жир, %	3,90	4,02	4,09
Белок, %	3,19	3,27	3,28
Валовой удой, кг	56,4	63,9	67,5
Выход молочного жира, кг	2,20	2,57	2,76
В % к контролю	100	116,82	125,45
Выход молочного белка, кг	1,80	2,09	2,21
В % к контролю	100	116,11	122,77
Затраты кормов на 1 кг молока			
Затраты концентрированных кормов на 1 кг молока, кг	0,32	0,28	0,27
Затраты обменной энергии корма на 1 кг молока, МДж	10,29	9,08	8,60
Затраты сырого протеина корма на 1 кг молока, г	155,85	137,56	130,22

На 15-й день после окота в I и II опытных группах среднесуточный удой оказался выше, чем в контрольной на 10,81 и 16,76 % соответственно. На 30-й день после окота разница между опытными и контрольной группами увеличилась ещё больше, I опытная группа показала повышение среднесуточного удоя по сравнению с контролем на 15,18 %, а II опытная – на 22,51 %. Во II опытной группе среднесуточный удой был выше, чем в I. Жирность молока также была несколько выше в опытных группах. Выход молочного жира на 15-й день после окота оказался самым высоким во II опытной группе и превышал таковой в контрольной на 22,22 %. На 30-й день после окота выход молочного жира увеличился во всех группах, однако более значительным он оказался во II опытной группе – на 29,73 % больше по сравнению с контрольной.

На 30-й день после окота в валовом удое коз I опытной группы со-держалось на 16,11 % больше белка, чем в контрольной, а в валовом удое коз II опытной группы – на 22,77 % больше, чем в контрольной.

Лактоза в молоке опытных коз в меньшей степени зависела от введения хвойно-энергетической добавки в рацион. Показатель СОМО на 30-й день после окота был несколько ниже, чем на 15-й во всех исследуемых группах коз, что является физиологической нормой.

Расход концентратов на получение молока в I опытной группе снизился по сравнению с контрольной на 12,5 %, а во II опытной – на 15,63 %. Обменной энергии и сырого протеина на 1 кг молока I опытная группа по сравнению с контрольной затратила меньше на 11,76 %, а II опытная – на 16,42 %.

Введение хвойно-энергетической добавки в рацион положительно повлияло на молочную продуктивность и качество молока коз, а также позволило снизить затраты кормов на производство молока. Наилучший результат отмечен при введении в рацион коз 20 мл ХЭД на голову в сутки.

Живая масса коз после окота изменялась незначительно, однако оказалась несколько выше в опытных группах по сравнению с контрольной (таблица 5).

Таблица 5 – Изменение живой массы коз

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Живая масса коз после окота, кг	40,40	40,79	40,83
% к контролю	100	100,97	101,06
Живая масса коз через 30 дней после окота, кг	40,47	41,01	41,22
% к контролю	100	101,33	101,85
Валовой прирост живой массы, кг	0,07	0,22	0,39

Следует отметить, что козы всех исследуемых групп не показали снижения живой массы в течение первого месяца после окота.

Заключение. Скармливание хвойно-энергетической добавки способствовало интенсификации метаболических процессов в организме коз, что выразилось в нормализации содержания в крови животных глюкозы и кальция, а также снижении уровня аспаратаминотрансферазы и щелочной фосфатазы. Введение хвойно-энергетической добавки в рацион коз во время транзитного периода способствовало повышению молочной продуктивности во время 1 месяца лактации на 10,81-22,51 %, оказало положительное влияние на содержание жира и белка в молоке коз, повысив эти показатели на 2,80-5,40 % и 1,88-3,14 % соответственно, снизить затраты кормов на получение продукции – расход

концентратов на получение молока в I опытной группе снизился по сравнению с контрольной на 12,5 %, а во II опытной – на 15,63 %, обменной энергии и сырого протеина – на 11,76 %, а II опытная – на 16,42 %.

Литература

1. Санников, М. Ю. Разведение молочных коз в хозяйствах Российской Федерации : рекомендации / М. Ю. Санников, С. И. Новопашина. – Ставрополь : СНИИЖК, 2005. – 42 с.
2. Кормление и содержание молочных коз : справочное пособие / А. В. Кильпа, В. В. Абонеев, Ю. Д. Квитко [и др.]. – Ставрополь, 2012. – 141 с.
3. Лейбова, В. Б. Биохимический статус коз зааненской породы в разные периоды беременности и его связь с последующей репродуктивной способностью / В. Б. Лейбова, Л. М. Могилева, С. А. Брагинец // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (46). С. 107-110.
4. Султанова, Е. В. Основы ветеринарии в козоводческих и овцеводческих хозяйствах: методические рекомендации для сельскохозяйственных консультантов / Е. В. Султанова, Е. П. Шипилова. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 132 с. – ISBN 978-5-7367-1411-7.
5. Хвойная энергетическая добавка – источник энергии и биологически активных веществ в рационах коров / В. П. Короткий, Н. В. Боголюбова, Е. С. Рыжова, В. А. Рыжов // Farm News. – 2018. – № 4. – С. 58-59.
6. Влияние кормовых добавок ацетата и пропионата натрия на молочную продуктивность коз при повышенном уровне доступного протеина / З. Н. Макар, М. И. Сапунов, Р. Н. Корнеева, Г. Г. Черепанов // Вестник РАСХН. – 2006. - № 6. – С. 65-67.
7. Макар, З. Н. Формирование субстратного баланса в молочной железе и продукция белка у коз при скармливании высокопротеинового рациона с добавками ацетата и пропионата натрия / З. Н. Макар, Г. Г. Черепанов // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2018. - № 4. – С. 65-74. – DOI 10.25687/1996-6733.prodanimbio.2018.3.65-74
8. Кормление животных : учебник. Т. II / И. Ф. Драганов, Н. Г. Макарец, В. В. Калашников [и др.] ; Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва, 2011. – 565 с. – ISBN 978-5-9675-0521-8.
9. Коноваленко, Л. Ю. Использование кормовых ресурсов леса в животноводстве : научный аналитический обзор / Л. Ю. Коноваленко ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБНУ «Росинформагротех». – Москва, 2011. – 50 с. – ISBN 978-5-7367-0894-9.
10. Новопашина, С. И. Технология выращивания молодняка молочных коз на промышленных фермах / С. И. Новопашина, М. Ю. Санников. – Ставрополь : СНИИЖК, 2010. – 30 с.
11. Методические рекомендации по технологическому проектированию козоводческих ферм и комплексов : РД-АПК 1.10.03.01-11 : введены в действие: 01 июля 2011 : взамен НТП-АПК 1.10.03.002-02 / М-во сельского хоз-ва Российской Федерации ; разработ. : П. Н. Виноградов, М. Ф. Мальгин, О. Л. Седов [и др.]. – Москва, 2011. – (Система рекомендательных документов агропромышленного комплекса).

Поступила 24.03.2025 г.

О.Ф. ГАНУЩЕНКО, Н.Н. ЗЕНЬКОВА, М.О. МОИСЕЕВА,
К.Л. МЕДВЕДЕВА, О.В. ЗЕНЬКОВА

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЮЦЕРНОВОГО СИЛАЖА В РАЦИОНАХ ДОЙНЫХ КОРОВ

*Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия
ветеринарной медицины, г. Витебск, Республика Беларусь*

В настоящее время в рационах коров остро ощущается недостаток белка, который чаще всего компенсируется за счёт использования дорогостоящих высокобелковых добавок (жмыхов и шротов). Вместе с тем расширение посевов зернобобовых культур и многолетних бобовых трав позволяет получать самый дешёвый протеин. В статье представлены результаты исследований эффективности использования консервированных кормов из люцерны посевной (сенаж, силаж) в рационах дойных коров. Установлено, что использование люцернового силаж в рационе дойных коров оказало комплексное положительное влияние на его питательную ценность, физиологическое состояние животных, молочную продуктивность и экономическую эффективность производства молока. Изучение биохимических показателей сыворотки крови и качества молока у подопытных животных позволяет сделать заключение о безопасности использования силаж из люцерны при кормлении дойных коров. Использование предлагаемого варианта кормления коров позволит снизить стоимость суточного рациона на расчёте на 1 кг молока базисной жирности на 12,1 %.

Ключевые слова: многолетние бобовые травы, люцерна, проявление, силаж, сенаж, сырой протеин, обменная энергия, рацион, дойные коровы

O.F. GANUSHCHENKO, N.N. ZENKOVA, M.O. MOISEEVA,
K.L. MEDVEDEVA, O.V. ZENKOVA

EFFICIENCY OF ALFALFA SILAGE USE IN DAIRY COW DIETS

The Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus

At present, there is an acute shortage of protein in cow diets, which is most often compensated by the use of expensive high-protein supplements (oilcakes and meal). At the same time, the expansion of grain legume crops and perennial legume grasses provides the cheapest protein. The paper contains the results of research on the efficiency of preserved alfalfa fodder (haylage, silage) in the diets of dairy cows. It was established that the use of alfalfa silage in the diet of dairy cows had a complex positive effect on its nutritional value, physiological state of animals, milk productivity and economic efficiency of milk production. The data of studies of biochemical parameters of blood serum and milk quality in experimental animals allow us to

conclude that it is safe to use alfalfa silage in feeding dairy cows. The use of the proposed variant of feeding cows will reduce the cost of daily ration per 1 kg of milk with basic fat content by 12.1%.

Key words: perennial legume grasses, alfalfa, sun drying, silage, haylage, crude protein, metabolizable energy, diet, dairy cows.

Введение. Основным условием для интенсивного ведения отрасли молочного животноводства Республики Беларусь является создание прочной кормовой базы и организация полноценного кормления, удовлетворяющего потребности животных во всех питательных и биологически активных веществах. Остро ощущается недостаток в рационах коров протеина [1, 2, 3], который чаще всего компенсируется за счёт использования дорогостоящих высокобелковых добавок (жмыхов и шротов). Вместе с тем, решение проблемы протеина возможно и за счёт расширения посевов зернобобовых культур и многолетних бобовых трав, при этом возделывание многолетних бобовых трав позволяет получать самый дешёвый протеин [4, 5, 6].

Сбалансированные рационы обеспечивают животных необходимыми питательными веществами (белками, жирами, углеводами, витаминами, минералами) в нужных пропорциях для максимальной продуктивности. Это способствует увеличению надоев молока и других производственных показателей, позволяет наиболее эффективно использовать имеющиеся кормовые ресурсы, минимизируя потери питательных веществ и снижая затраты на кормление [7, 8].

Цель исследований – дать сравнительную оценку рационам с использованием консервированных кормов из люцерны разных вариантов (контрольный – сенаж), а также опытный (силаж), изучить их влияние на состояние здоровья и молочную продуктивность коров.

Материал и методика исследований. Экспериментальная часть выполнена на МТФ «Бабиничи» ПК «Ольговское» Витебской области. Было заготовлено два варианта корма:

- 1 вариант – сенаж из люцерны, приготовленный в фазу бутонизации со скашиванием растений в валок и с закладкой провяленного сырья в траншею с содержанием СВ около 45 %;
- 2 вариант – силаж из люцерны, приготовленный в фазу стеблевания со скашиванием растений в расстил и с закладкой провяленного сырья в траншею с содержанием СВ около 40 %.

При закладке в траншеи обоих вариантов корма использовали биологический консервант «Лактофлор – Фермент Премиум». Анализ качества заготовленных кормов выполнен в НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии УО ВГАВМ в 2024 гг. по схеме полного зоотехнического анализа с определением показателей по общепринятым (в соответствии с действующими ГОСТами) методикам. Перед

началом научно-хозяйственного опыта было отобрано по принципу аналогов 2 группы клинически здоровых дойных коров (по 10 голов в каждой) с учётом происхождения, возраста, живой массы, упитанности и фактических показателей молочной продуктивности. Условия содержания коров были абсолютно идентичны для обеих групп и соответствовали зоогигиеническим требованиям. Межгрупповые различия в кормлении животных в учётный период опыта связаны исключительно с использованием изучаемых консервированных кормов (таблица 1).

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственного опыта

Группа животных	Количество голов	Особенности кормления животных за время опыта
Контрольная	10	ОР + сенаж люцерновый
Опытная	10	ОР + силаж люцерновый

Примечание: ОР – основной рацион: силос кукурузный, комбикорм для высокопродуктивных коров КК 61-С, картофель, мел кормовой, соль поваренная.

Потребность коров в различных элементах питания определяли в соответствии с современными детализированными нормами кормления [9]. Индивидуальный учёт выдаваемых кормов и их остатков в обеих группах производили через каждые 10 суток.

В начале и в конце опыта по результатам соответствующих контрольных доек у всех подопытных животных учитывали суточный удой и отбирали средние пробы молока для анализа. Качество молока и его органолептические свойства (вкус и запах) оценивали согласно требованиям СТБ 1598-2006 «Молоко коровье сырое. Технические условия» с изменениями № 4 к указанному стандарту. Оценку качества молока проводили в соответствии с действующими ГОСТами на анализаторах качества молока «Лактан 1-4 М исполнения 600 Ultra» и EcomilkScan. В молоке определяли массовую долю жира, белка, сухого вещества, сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО), содержание лактозы и белка, а также титруемую кислотность, плотность, степень чистоты, бактериальную обсеменённость и количество соматических клеток.

Для оценки состояния обменных процессов у подопытных животных отбирали кровь в начале опыта и при его завершении. Биохимические исследования крови коров проводили в НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии ВГАВМ в соответствии с методическими указаниями по выполнению биохимических исследований крови [10] на автоматическом анализаторе BS-200.

Полученный цифровой материал обработан биометрически по В.А. Медведскому и др. [11]. Из статистических показателей рассчитывали среднюю арифметическую (M), ошибку средней арифметической (m) с определением степени достоверности разницы между группами (td).

Разницу между идентичными изучаемыми показателями считали достоверной при уровне значимости $P < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты анализа консервированных кормов (таблица 2) показали, что концентрация обменной энергии и сырого протеина (СП) в 1 кг СВ силежа была на 9,6 и 16,4 % выше, чем в сенаже (9,97 против 9,10 МДж и 175 против 150 г). При комплексной оценке силеж был отнесён к 1 классу, а сенаж – ко 2 классу качества из-за не высокой концентрации сырого протеина.

Высокая сохранность энергии и протеина в силеже объясняется существенным сокращением длительности провяливания при скашивании трав в расстил с закладкой провяленного сырья в траншею уже во второй половине 2-го дня провяливания (у сенажной массы – во второй половине 3-го дня). Помимо того, при СВ около 40 % сырьё легче уплотняется, поскольку влажность его несколько выше, чем у сенажной массы, и характеризуется меньшим количеством остаточного воздуха в траншее.

Таблица 2 – Питательность консервированных кормов из люцерны посевной

Вид корма	СВ, %	Концентрация в 1 кг абсолютно сухого вещества (АСВ)								
		Энергия		Сырые питательные вещества, г						мг
		ОЭ, МДж	к. ед.	протеин	жир	клетчатка	зола	Са	Р	каротин
Сенаж	42,7	9,10	0,67	150	27,0	329,3	74,1	13,2	3,4	86
Силеж	38,7	9,97	0,81	175	27,4	265,2	78,2	13,8	3,1	109

Согласно методике, подопытные коровы обеих групп в учётный период опыта с рационом получали практически одинаковое количество сухого вещества. Так, фактическое среднесуточное потребление силежа составляло 24 кг, что на 2 кг выше, чем сенажа (таблица 3). Рацион животных опытной группы, благодаря использованию силежа, характеризовался повышенным количеством энергии и протеина при меньшем уровне клетчатки. Содержание кормовых единиц, обменной энергии, сырого, не расщепляемого и расщепляемого в рубце протеина в рационе опытных животных было выше на 3,8 %, 3,5, 11,9, 8,7 и 13,4 % соответственно по сравнению с рационом контрольной группы. В рационе коров опытной группы содержание сырой клетчатки (низкопереваримой фракции углеводов) было на 14 % ниже, чем в рационе у контрольной группы. В рационе контрольной группы содержание крахмала было несколько ниже (на 6,1 %), а количество сахара гораздо выше (+27,4 %), чем в рационе опытной группы. Это объясняется тем, что при быстром провяливании люцерны до среднего СВ около 40 % достигается большая сохранность сахаров по сравнению с приготовлением сенажа с характерным глубоким и длительным провяливанием.

Существенных различий в содержании отдельных минеральных веществ в рационах коров не выявлено, так как в процессе проявляния трав эти вещества, в отличие от энергосодержащих питательных (сахаров, крахмала, протеина), вообще не разрушаются. При анализе витаминного комплекса следует отметить, что в рационе опытных животных содержание каротина было заметно выше (на 3,9 %), а витамина D – незначительно (на 1,5 %) ниже.

Таблица 3 – Состав и питательность фактических среднесуточных рационов

Наименование корма	Состав и питательность рационов		Разница к контролю, ±	
	контроль- ная группа (с сенажом)	опытная группа (с силажом)	факт.	%
1	2	3	4	5
Состав рациона				
Сенаж люцерновый, кг	22		х	х
Силаж люцерновый, кг		24	2	9
Силос кукурузный, кг	16	16	-	-
Картофель сырой, кг	2	2	-	-
Комбикорм КК- 61с, кг	4	4	-	-
Мел кормовой, г	20	20	-	-
Элемент питания:	Питательность рационов		х	х
Кормовые ед., кг	17,16	17,82	0,66	3,8
Обмен. энергия, МДж	190,4	197	6,6	3,5
Сухое вещество, кг	18,82	18,98	0,16	0,8
Сырой протеин, г	2484	2780	296	11,9
Не расщеп. протеин, г	784	852	68	8,7
Сухое вещество, кг	18,82	18,98	0,16	0,8
Сырой протеин, г	2484	2780	296	11,9
Не расщеп. протеин, г	784	852	68	8,7
Расщеп. протеин, г	1700	1928	228	13,4
Сырой жир, г	560	569	9	1,6
Сырая клетчатка, г	4834	4156	-678	-14,0
Крахмал, г	3580	3360	-220	-6,1
Сахар, г	642	818	176	27,4
Кальций, г	122	123,8	1,8	1,5
Фосфор, г	78,1	78,5	0,4	0,5
Магний, г	36,8	37,0	0,2	0,5
Сера, г	41,37	41,40	0,03	0,07
Калий, г	248,9	249,5	0,6	0,24
Железо, мг	2871,4	2869,4	-2	-0,07
Медь, мг	140,9	141,3	0,4	0,28
Цинк, мг	1054,5	1052,9	-1,6	-0,15
Марганец, мг	1068,0	1069,5	1,5	0,14

1	2	3	4	5
Кобальт, мг	14,8	14,9	0,1	0,68
Йод, мг	16,8	16,8	-	-
Селен, мг	5,4	5,3	-0,1	-1,9
Каротин, мг	1271	1320	49	3,9
Вит. D, тыс. МЕ	19,4	19,1	-0,3	-1,5
Вит. E, мг	2262	2259	-3	-0,1
Соотношение важнейших питательных веществ в рационе				
Обмен. энергия / СВ, МДж/кг	10,02	10,3	0,3	3
Сырой протеин / СВ, г/кг	132	146	14	10,6
Сырая клетчатка / СВ, %	25,6	21,9	-3,7	-14,5
Крахмал + Сахар / СВ, %	22,4	22	-0,4	-1,8
Кальций / Фосфор	1,6	1,6	-	-
Стоимость рациона, руб.	7,31	7,09	-0,22	-3,0

В рационе опытных животных показатели соотношения концентрации обменной энергии и сырого протеина к сухому веществу были на 3 и 10,6 % выше, а концентрации сырой клетчатки к сухому веществу – ниже на 14,5 % по сравнению с рационом контрольной группы.

Особенности кормления коров за время опыта определённым образом отразились на показателях их молочной продуктивности. Так, в начале опыта показатели среднесуточного удоя и жирности молока у коров контрольной и опытной групп были практически одинаковыми (16,8 и 16,7 кг при массовой доле жира 4,22 и 4,20 %). За время проведения опыта (60 дней) данные показатели наиболее существенно возросли у опытных животных, получавших более полноценный рацион (таблица 4).

Таблица 4 – Молочная продуктивность коров за период опыта (60 дней)

Показатели	Контроль- ная группа	Опытная группа
Среднесуточный удой на корову, кг	18,89±0,38	20,2*±0,41
Суточный удой по группе коров, кг	188,9	202
Валовой надой по группе коров, кг	11334	12120
Массовая доля жира в среднем, %	4,27±0,04	4,35±0,05
Количество всего полученного молока в зачет- ной массе при базисной жирности (3,6%), кг:		
- всего по группе	13443	14645
- на 1 корову в сутки	22,4	24,4
- разница к контролю	x	+2,0

Примечание: * - разница к контролю достоверна при $P < 0,05$

Так, коровы опытной группы, получавшие в составе рациона силаж, по среднесуточному удою превосходили аналогов, потреблявших сенаж на 6,9 % ($P<0,05$) (20,2 кг против 18,89 кг), а по жирности молока – на 1,9 % или 0,8 п. п.

В результате пересчёта полученного молока на базисную жирность фактическая разница по среднесуточному удою в зачётной массе на одну корову составила 2 кг в пользу животных опытной группы. Анализируя пищевую ценность молока данной группы и его физико-химические свойства (таблица 5) выявили достоверное увеличение массовой доли белка в молоке на 0,07 п. п. при $P<0,05$, так как рацион опытной группы отличался более высокими показателями протеиновой питательности (таблица 3).

Установлено, что молоко опытной и контрольной групп представляло собой однородную, не слизистую и не тягучую, жидкость чисто белого цвета, без наличия осадка и хлопьев. Вкус и запах чистые, свойственные доброкачественному молоку, без посторонних привкусов и запахов. Плотность молока животных всех групп находилась в пределах нормативных требований (от 1030 до 1031 кг/м³).

В конце опыта в молоке коров опытной группы количество соматических клеток было заметно ниже (на 60 тыс./см³ или 21,6 %), чем в контроле, однако разница по этому показателю не достоверна. Весьма высокий рост этого показателя в конце опыта по сравнению с его началом у животных обеих групп связан с тем, что начало опыта по календарным срокам совпадало с завершением переходного периода от пастбищного содержания к стойловому (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели качества молока

Показатель	Группа			
	контрольная		опытная	
	в начале опыта	в конце опыта	в начале опыта	в конце опыта
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Органолептические свойства молока:	Однородная непрозрачная жидкость без осадка; цвет – белый с кремовым оттенком, однородный; запах и вкус – чистые, свойственные доброкачественному молоку, без посторонних привкусов и запахов.			
Массовая доля в молоке, %:				
- жира	4,22±0,03	4,27±0,04	4,19±0,04	4,35±0,05
- белка	3,13±0,02	3,14±0,02	3,15±0,05	3,21±0,02*
- лактозы	4,89±0,07	4,95±0,08	4,92±0,09	4,96±0,07
- СОМО	8,92±0,11	9,02±0,14	8,97±0,12	9,07±0,16
Плотность, кг/м ³	1030,2±0,55	1031,4±0,61	1030,5±0,71	1031,2±0,66

1	2	3	4	5
Титруемая кислотность, °Т	16,5±0,25	17,3±0,48	16,7±0,48	17,3±0,25
Группа чистоты	Первая	Первая	Первая	Первая
Соматические клетки, тыс./см ³	115±15,5	278±53,2	122±30,2	218±50,5

Примечание: * - разница к контролю достоверна при P<0,05

При проведении эксперимента ветеринарной службой регулярно осуществлялся тщательный визуальный осмотр и контроль состояния здоровья всех подопытных животных. В течение всего периода не было выявлено нарушений в клиническом состоянии подопытных животных.

Для определения влияния изучаемых кормов рационов на состояние здоровья животных контролировался биохимический состав крови. В начале научно-хозяйственного опыта все изучаемые биохимические показатели крови у коров контрольной и опытной группы находились практически на одинаковом уровне в пределах физиологических норм (без достоверных различий между группами).

В конце опыта анализ биохимических показателей сыворотки крови коров показал, что у опытных животных белковый обмен протекал более интенсивно, поскольку важнейшие показатели крови, характеризующие его (общий белок, альбумины, мочевины), были несколько выше, чем у животных контрольной группы. Однако достоверной разницы по указанным показателям не выявлено. Тенденция к увеличению в сыворотке крови опытных коров глюкозы и триглицеридов свидетельствует об определённой оптимизации углеводного и липидного обмена. Показатели активности ферментов печени у опытных животных тоже были более предпочтительными (при недостоверной разнице), чем в контроле. Все изучаемые показатели крови у коров обеих групп находились в пределах физиологической нормы.

С учётом стоимости потребляемого рациона (таблица 3) и реализационной цены молока (на декабрь 2024 г.) рассчитана экономическая эффективность (таблица 6) использования варианта рациона с силажом.

Таблица 6 – Экономическая эффективность производства молока в научно-хозяйственном опыте

Показатели	Группы	
	контрольная	опытная
1	2	3
Среднесуточный удой натурального молока, кг	18,89	20,2
Среднесуточный удой молока базисной жирности, кг	22,4	24,4
Дополнительно получено продукции базисной жирности, кг	–	2,0

1	2	3
Реализационная цена молока, руб./кг	1,1	1,1
Стоимость дополнительной продукции за время опыта на 10 коров, руб.	–	1320
Стоимость суточного рациона, руб. (таблица 3)	7,31	7,09
Стоимость суточного рациона в расчете на 1 кг молока базисной жирности, руб.	0,33	0,29
Разница в стоимости суточного рациона на 1 кг молока, %	x	-12,1

Экономический эффект от предлагаемого нами варианта кормления коров базируется на двух составляющих: дополнительное получение молока базисной жирности (+2 кг в сутки) и снижение стоимости среднесуточного рациона (с 7,31 до 7,09 руб.), что позволит снизить стоимость суточного рациона в расчёте на 1 кг молока базисной жирности на 12,1 %.

Заключение. Использование люцернового силaja в рационе дойных коров оказало комплексное положительное влияние на его питательную ценность, физиологическое состояние животных, молочную продуктивность и экономическую эффективность производства молока. При этом содержание кормовых единиц, обменной энергии и сырого протеина возрастает соответственно на 3,8 %, 3,5 и 11,9 % по сравнению с использованием в рационе сенажа. При использовании силaja, среднесуточный удой и массовая доля белка в молоке у коров опытной группы повышаются на 6,9 и 2,2 % соответственно по сравнению с контрольной группой. Данные по исследованиям показателей биохимических исследований сыворотки крови и качества молока у подопытных животных позволяют сделать заключение о безопасности использования силaja из люцерны при кормлении дойных коров. Использование предлагаемого варианта кормления коров позволит снизить стоимость суточного рациона на получение молока базисной жирности на 12,1 %.

Таким образом, приготовление силaja по предложенному способу может быть рекомендовано для широкого внедрения в животноводческих хозяйствах с целью повышения продуктивности, улучшения качественных показателей молока и снижения его себестоимости.

Литература

1. Зенькова, Н. Н. Научно-практические рекомендации по планированию и производству кормов для дойного стада : методические рекомендации / Н. Н. Зенькова, В. Г. Микуленок. – Витебск : ВГАВМ, 2018. – 35 с.
2. Практическое руководство по использованию кормовых ресурсов в кормопроизводстве / Н. Н. Зенькова, О. Ф. Ганущенко, Т. М. Шлома, И. В. Ковалева ; Витебская гос. акад. вет. медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2021. – 176 с. – ISBN 978-985-591-125-9.
3. Современные подходы к приготовлению кормов : учебное пособие / О. Ф. Ганущенко, Н. Н. Зенькова, Т. М. Шлома, И. В. Ковалёва. – Москва : Русайнс, 2021. – 416 с.

4. Сырьевая база кормопроизводства и оптимизация приёмов заготовки кормов : [Электронный ресурс] / Н. Н. Зенькова, О. Ф. Ганущенко, Т. М. Шлома, И. В. Ковалёва. – Витебск : ВГАВМ, 2021. – 356 с. – URL: <https://www.vsavm.by/kafedra-kormoproizvodstva-i-proizvo/literatura>. (дата обращения: 15.07.2022 г.).
5. Научно-технологические основы производства и использования кормов в молочном скотоводстве : монография / Н. С. Яковчик, И. В. Брыло, Е. Е. Можаяев [и др.]. – Минск, 2022. – 492 с. – ISBN 978-985-586-594-1.
6. Организация полноценного кормления молочных коров : монография / Н. С. Яковчик, Н. П. Разумовский, О. Ф. Ганущенко [и др.] ; под общ. ред. Н. С. Яковчика. – Минск : РИВШ, 2024. – 580 с.
7. Физиологические и технологические аспекты выращивания здоровых нетелей с высоким потенциалом продуктивности / Н. С. Мотузко, Н. П. Бортник, Н. П. Разумовский [и др.] ; Витебская гос. акад. вет. медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2021. – 327 с. – ISBN 978-985-591-131-0.
8. Получение высококачественной продукции в молочном скотоводстве : монография / Н. И. Гавриченко, Н. С. Мотузко, Н. П. Разумовский [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2022. – 348 с. – ISBN 978-985-591-160-0.
9. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах : посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. Алексея Петровича Калашникова (1918–2010) / Р. В. Некрасов, А. В. Головин, Е. А. Махаев [и др.] ; ФНЦЖ – ВИЖ им. Акад. Л.К. Эрнста. – Москва : РАН, 2018. – 290 с. – ISBN 978-5-906906-77-9.
10. Нормативные требования к показателям обмена веществ у животных при проведении биохимических исследований крови : рекомендации / С. В. Петровский, А. А. Белко, А. П. Курдеко [и др.] ; Витебская гос. акад. вет. медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2019. – 65 с.
11. Медведский, В. А. Организация научных исследований в животноводстве : учебно-методическое пособие для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования II ступени по специальности 1-74 80 03 «Зоотехния» / В. А. Медведский, Н. В. Мазоло, М. В. Горовенко. – Витебск, 2020. – 208 с.

Поступила 6.03.2025 г.

И.А. ГОЛУБ¹, М.Е. МАСЛИНСКАЯ¹, В.Ф. РАДЧИКОВ²,
Т.Л. САПСАЛЁВА², И.Ф. ГОРЛОВ³, А.А. МОСОЛОВ³,
М.М. КАРПЕНЯ⁴, В.С. ТОКАРЕВ⁴, Е.А. ДОЛЖЕНКОВА⁴,
Л.А. ВОЗМИТЕЛЬ⁴, В.В. КАРЕЛИН⁴

ВЛИЯНИЕ СКАРМЛИВАНИЯ ЖМЫХА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО НА ПРОЦЕССЫ ПИЩЕВАРЕНИЯ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

¹*Институт льна, а.г. Устье, Республика Беларусь*

²*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

³*Поволжский научно-исследовательский институт производства и
переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград, Россия*

⁴*Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия
ветеринарной медицины, г. Витебск, Республика Беларусь*

Для развития производства говядины в Республике Беларусь необходимо снижение зависимости от импортных белковых кормовых добавок. В этой связи, использование льняного жмыха – доступного местного сырья, богатого энергией, высококачественным белком и полиненасыщенными жирными кислотами – представляет собой перспективное направление, способное положительно повлиять на продуктивность крупного рогатого скота и экономику отрасли. В статье представлены материалы исследований по изучению влияния скармливания жмыха льна масличного на процессы пищеварения молодняка крупного рогатого скота. Установлено, что скармливание жмыха льна масличного в дозировке 20 % по массе комбикорма вместо шрота подсолнечного **обеспечило интенсификацию физиолого-биохимических процессов** в рубце, оказало положительное влияние на гематологические показатели животных, а также способствовало увеличению отложения азота в теле животных на 28,0 %.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, комбикорма, жмых льна масличного, рационы, кровь, переваримость

I.A. GOLUB¹, M.E. MASLINSKAYA¹, V.F. RADCHIKOV²,
T.L. SAPSALEVA², I.F. GORLOV³, A.A. MOSOLOV³,
M.M. KARPENIA⁴, V.S. TOKAREV⁴, E.A. DOLZHENKOVA⁴,
L.A. VOZMITEL⁴, V.V. KARELIN⁴

INFLUENCE OF OILSEED FLAX CAKE FEEDING ON DIGESTIVE PROCESSES OF YOUNG CATTLE

¹*Flax Institute, Ustye agrotown, Republic of Belarus*

²*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

³*Povolzhye Research Institute of Production and processing of meat
and dairy products, Volgograd, Russia*

⁴*Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus*

In order to develop beef production in the Republic of Belarus it is necessary to reduce dependence on imported protein feed additives. In this regard, the use of oil cake – an available local raw material rich in energy, high-quality protein and polyunsaturated fatty acids – is a promising trend that can positively affect the productivity of cattle and the economy of the industry. The paper presents the materials of research on the influence of oilseed flax cake feeding on digestive processes of young cattle. It was found that feeding of oilseed flax cake in the amount of 20% by weight of compound feed instead of sunflower meal intensified physiological and biochemical processes in the rumen, had a positive effect on hematological indicators of animals, and also contributed to an increase in nitrogen deposition in the body of animals by 28.0%.

Keywords: young cattle, compound feed, diets, oilseed flax cake, diets, blood, digestibility.

Введение. Производства говядины является приоритетным направлением в Республике Беларусь, однако зависимость от импортных белковых кормовых добавок создает проблему развития отрасли [1, 2, 3, 4, 5, 6]. В связи с этим, актуальным является поиск и разработка альтернативных белковых кормовых добавок, способных заменить импортные аналоги [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Использование в кормлении доступных и эффективных альтернатив среди местного нетрадиционного сырья, таких как льняной жмых, представляется перспективным решением [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

Льняной жмых, являясь источником энергии, высококачественного белка и полиненасыщенных жирных кислот, оказывает положительное влияние на продуктивность крупного рогатого скота и экономические показатели отрасли, о чём свидетельствуют многочисленные научные исследования [26, 27, 28, 29, 30].

Целью настоящих исследований является изучение рубцового пищеварения и переваримости питательных веществ у молодняка крупного рогатого скота при включении в рацион льняного жмыха, что позволит оценить его потенциал в качестве кормовой добавки.

Материал и методика исследований. Исследования проведены на 2-х группах молодняка крупного рогатого скота по 3 голов в каждой.

Различия в кормлении заключались в том, что телятам контрольной группы скармливали комбикорм с включением шрота подсолнечного в количестве 15 %, а их аналоги из опытной группы потребляли комбикорма с вводом жмыха льна масличного 20 по массе.

В физиологическом опыте изучали: потребление кормов – путём ежедневного взвешивания заданных кормов и их остатков; процессы рубцового пищеварения – путём взятия и анализа содержимого рубца; гематологические показатели – путём взятия и анализа крови; переваримость и использование питательных веществ по разнице между количеством их поступивших с кормом и выделении с продуктами обмена.

Содержимое рубца брали через фистулу рубца через 2-2,5 часа после утреннего кормления. В рубцовой жидкости определяли: концентрацию ионов водорода (pH) – электропотенциметром Тип pH-150M; азот – анализатором азота и белка по Кьельдалю (автоматический Тип UDK 159); общее количество летучих жирных кислот (ЛЖК) – в аппарате Марк-гама с последующим титрованием 0,1N раствором NaOH. Отгонку, полученную при дистилляции 5 мл рубцовой жидкости, выпаривали на водяной бане при температуре 1000 °C; концентрацию аммиака – микродиффузным методом в чашках Конвея.

Полученные данные обработаны методом вариационной статистики на персональном компьютере с использованием пакета статистики Microsoft Office Excel 2016.

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе физиологических исследований на бычках-аналогах установлено, что включение в комбикорм 20 % льняного жмыха не оказало статистически значимого влияния на переваримость питательных веществ рациона по сравнению с контрольной группой. Это свидетельствует о целесообразности использования льняного жмыха отечественного производства в качестве белкового ингредиента в кормах для крупного рогатого скота.

Потребление питательных веществ бычками опытной группы практически не отличалось от контрольных значений, за исключением сырого жира, повышенное потребление которого объясняется более высоким его содержанием в льняном жмыхе и его долей (20 %) в составе комбикорма (таблица 1).

Таблица 1 – Потребление бычками питательных веществ рационов (шрот подсолнечный – 15%, жмых льняной долгунец – 20%, жмых льняной масличный – 20%), г

Показатель	Группа	
	I	II
Сухое вещество	4251,7±229,9	4396,2±87,9
Органическое вещество	4083,8±220,3	4238±84,2
Сырой протеин	609,0±17,6	558,7±6,7*
Сырой жир	128,1±8,8	212,8±3,4**
Сырая клетчатка	427,9±52,7	458,4±20,2
БЭВ	2918,8±141,4	3008,2±54,0

Примечание: здесь и далее: * - (P<0,05), ** - (P<0,01).

Установлено фактическое количество усвоенных питательных веществ рационов на основании разности в потреблении и выделения питательных веществ животными в период физиологического опыта.

Использование 20 % льняного жмыха в комбикорме вместо 15 % подсолнечного шрота оказывает влияние на процессы рубцового пищеварения и обмена веществ, что выражается в изменениях рубцового метаболизма. (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели рубцового пищеварения животных (жмых льна долгунца и масличного)

Показатель	Группа	
	I	II
Кислотная активность, рН	5,93±0,07	6,05±0,07
ЛЖК, ммоль/100 мл	10,11±0,12	10,12±0,14
Аммиак, мг/%	15,1±0,11	15,18±0,15
Азот общий, %	0,149±0,002	0,157±0,026

Потребление фистульными бычками комбикорма с включением жмыха льна масличного в дозировке 20 % привело к увеличению массовой доли азота в содержимом рубца на 0,008 п. п., при повышении рН содержимого рубца на 2,0 % (составила 6,05 против 5,93 в контроле) при незначительном повышении аммиака и ЛЖК рубцового содержимого.

Важным показателем оценки использования кормов является влияние на интерьерные показатели, в частности кровь. Результаты исследования биохимического состава крови животных свидетельствуют о том, что скармливание опытных комбикормов не оказало отрицательного влияния на показатели белкового и минерального обмена (таблица 3).

Анализ проб крови бычков-аналогов не выявил существенных различий между опытной и контрольной группами. Все показатели находились в пределах физиологических норм.

Таблица 3– Морфо-биохимический состав крови бычков

Показатель	Группа	
	I	II
Эритроциты, $10^{12}/л$	$4,22 \pm 0,24$	$4,77 \pm 0,21$
Гемоглобин, г/л	$87,0 \pm 2,08$	$95,0 \pm 2,89$
Лейкоциты, $10^9/л$	$15,53 \pm 0,9$	$15,03 \pm 0,23$
Общий белок, г/л	$62,5 \pm 0,61$	$66,1 \pm 4,09$
Глюкоза, ммоль/л	$3,7 \pm 0,21$	$3,4 \pm 0,15$
Мочевина, ммоль/л	$2,58 \pm 0,46$	$1,31 \pm 0,11$
Тромбоциты, $10^9/л$	$648,3 \pm 194,4$	$398,0 \pm 84,0$
Гематокрит, %	$16,6 \pm 1,80$	$19,4 \pm 1,40$
Кальций, ммоль/л	$2,0 \pm 0,04$	$2,04 \pm 0,08$
Фосфор, ммоль/л	$2,85 \pm 0,06$	$2,46 \pm 0,25$

В результате исследований установлено, что в крови молодняка опытной группы наблюдается увеличение количества эритроцитов на 13,0 %, снижение концентрации лейкоцитов – на 3,2 %. Потребление животными комбикормов с включением жмыха льна масличного в дозировке 20 % взамен шрота подсолнечного способствовало повышению количества общего белка в сыворотке крови бычков на 5,8 % по сравнению с контрольным вариантом. Результат активизации метаболических процессов при утилизации и синтезе протеина.

При анализе крови подопытных животных не установлено значительных различий по концентрации мочевины между контрольным и опытным вариантами. Количество конечного продукта распада белка находилось в пределах 1,31 против 2,58 ммоль/л контроля (на 49,2 % меньше).

Содержание гемоглобина в крови исследуемых животных находилось в пределах 87,0-95,0 г/л без достоверных различий между группами.

Наилучшая переваримость питательных веществ рациона наблюдалась у животных опытной группы, получавших 20% льняного жмыха в комбикорме. (таблица 4).

Таблица 4 – Переваримость питательных веществ рационов (жмых льна подсолнечного и масличного в количестве 20% от массы комбикорма), %

Показатель	Группа	
	I	II
Сухое вещество	$67,0 \pm 2,1$	$69,2 \pm 0,6$
Органическое вещество	$68,7 \pm 1,9$	$70,6 \pm 0,6$
Сырой протеин	$58,4 \pm 3,2$	$59,5 \pm 0,9$
Сырой жир	$56,8 \pm 3,8$	$67,7 \pm 2,5$
Сырая клетчатка	$36,9 \pm 1,9$	$40,0 \pm 2,6$
БЭВ	$75,9 \pm 1,6$	$77,5 \pm 0,5$

Рационы животных опытной группы превосходили контроль по переваримости всех исследуемых показателей. Так, по сухому веществу наблюдается превосходство по отношению к контролю на 2,2, органическому веществу – на 1,9, сырому протеину – на 1,1, сырому жиру – на 10,9, сырой клетчатке – на 3,1, БЭВ – на 1,6 процентных пункта.

Изучение баланса и использования питательных веществ рациона также важно, как и изучение их переваримости. Хорошая перевариваемость питательных веществ – это гарантия и высокого их использования. В первую очередь, это относится к азоту, потери которого с мочой после переваривания могут быть довольно значительными.

Отмеченные различия в переваримости питательных веществ опытными животными определенным образом отразились на отложении азота в организме бычков (таблица 5).

Таблица 5 – Баланс и использование азота (шрот подсолнечный, жмых льна масличного)

Показатель	Группа	
	I	II
Потреблено с кормом, г	97,4±2,8	89,4±1,1*
Выделено с калом, г	40,8±4,3	36,2±1,0
Усвоено, г	56,6±1,9	53,2±1,0
Выделено с мочой, г	33,8±2,0	24,0±1,8*
Отложено, г	22,8±3,3	29,2±1,5
Отложено от принятого, %	23,4±3,9	32,6±1,5
Отложено от усвоенного, %	40,2±5,0	54,8±3,1*

Установлено, что баланс азота был положительным у бычков всех групп. Животные съедали разное количество кормов, в связи с чем, поступление азота в организм было различным. Скармливание бычкам III опытной группы комбикорма с включением жмыха льняного масличного в количестве 20 % при полной замене шрота подсолнечного оказало влияние на повышение эффективности использования азота от принятого с кормом на 9,2 п. п., от усвоенного – на 14,6 п. п., чему способствовало увеличение отложения азота в теле молодняка на 28,1 %, что выразилось снижением концентрации изучаемого показателя с калом на 11,2 %, с мочой – на 28 % по отношению к контрольному варианту.

Заключение. В работе исследовано влияние полной замены подсолнечного шрота льняным жмыхом в составе комбикормов на процессы переваривания и усвоения питательных веществ рационов молодняком крупного рогатого скота в возрастной группе 116-400 дней. Установлено, что потребление жмыха льна масличного в дозировке 20 % взамен шрота подсолнечного в количестве 15 % по массе комбикорма

позволяет улучшить переваримости сухого вещества рационов на 2,2, органического вещества – на 1,9, сырого протеина – на 1,1, клетчатки – на 3,1, жира – на 10,9 процентных пункта.

Выявлено улучшение активизации интенсивности физиолого-биохимических процессов в рубце при скармливании жмыха льна масличного в дозировке 20 % по массе комбикорма при замене шрота подсолнечного, выразившееся повышением массовой доли азота в содержимом рубца на 5,3 %, кислотной активности – на 2,0 % при незначительном увеличении концентрации аммиака и ЛЖК рубцового содержимого относительно контроля.

Включение 20 % льняного жмыха в комбикорма для молодняка крупного рогатого скота (116-400 дней) положительно влияет на гематологические показатели, а именно: повышает количество эритроцитов на 13,0 % и уровень общего белка на 5,8 %, а также снижает концентрацию лейкоцитов на 3,2 % и мочевины на 49,2 %.

Установлено, что скармливание комбикормов с вводом 20 % жмыха льна масличного по массе комбикорма способствует увеличению отложения азота в теле животных на 28,0 % или отложенного азота от усвоенного на 14,6 процентных пункта.

Литература

1. Балансирование рационов коров по минеральным веществам дефекацией / Е. О. Гливанский, Г. Н. Радчикова, Д. В. Медведева, С. Н. Пилло, М. В. Джумкова, И. В. Богданович // Модернизация аграрного образования : сб. науч. тр. по материалам VII Междунар. науч.-практ. конф., Томск, 14 дек. 2021 г. / НГАУ. – Томск-Новосибирск : Золотой колос, 2021. – С. 948-951.
2. Сравнительная эффективность использования в кормлении молодняка крупного рогатого скота разных сапропелей / Г. В. Бесараб, М. В. Джумкова, С. А. Ярошевич, И. В. Богданович, М. М. Карпеня, И. В. Сучкова, Л. Н. Гамко // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 01–02 июня 2023 г / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – Ч. 1. – С. 16-22.
3. Влияние соотношения фракций протеина на эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота / А. М. Глинкова, Д. М. Богданович, Г. В. Бесараб, М. В. Джумкова, И. В. Богданович // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. по материалам национальной науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию со дня рожд. Заслуж. работника высшей школы РФ, Почётного проф. Брянской ГСХА, д-ра ветеринар. наук, проф. Ткачёва А.А., Брянск, 27 окт. 2023 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – С. 220-226.
4. Влияние минеральных добавок из местных источников сырья на эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота / А. Н. Кот, Г. Н. Радчикова, С. И. Сергучёв, С. И. Пентилок, В. В. Карелин // Учёные записки УО «Витебская академия Знак почёта государственная академия ветеринарной медицины». – 2010. – Т. 46, № 1-2. – С. 157-160.
5. Обмен веществ и продуктивность телят при скармливании разных молочных продуктов / Г. Н. Радчикова, А. М. Глинкова, Н. В. Пилло, М. В. Джумкова, И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, А. А. Мосолов, Н. И. Мосолова, А. К. Натиров, Н. Н. Мороз, С. А. Коваленко, И. В. Яночкин // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практический центр НАН Беларуси по животноводству ; редкол. : И. П. Шейко (гл. ред.) [и др.].

– Жоди́но, 2022. – Т. 57, ч. 2. – С. 44-54. – DOI 10.47612/0134-9732-2022-57-2-44-54.

6. Эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота разных сапропелей / В. П. Цай, С. Н. Пилук, Д. В. Медведева, А. Я. Райхман, А. Г. Марусич // Современные достижения и актуальные проблемы животноводства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию биотехнологического факультета и кафедр генетики и разведения сельскохозяйственных животных, технологии производства продукции и механизации животноводства, кормления сельскохозяйственных животных, Витебск, 12–13 окт. 2023 г. / ВГАВМ. – Витебск, 2023. – С. 271-275.

7. Богданович, И. В. Переваримость и использование телятами питательных веществ рационов с включением ЗЦМ / И. В. Богданович // Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение : сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных, Брянск, 24–25 марта 2022 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2022. – С. 252-256.

8. Влияние осоложенного зерна на поедаемость кормов и продуктивность коров / И. В. Богданович, С. Н. Пилук, С. В. Сергучёв, И. С. Серяков, А. Я. Райхман, В. А. Голубицкий, С. Г. Зиновьев // Развитие и внедрение современных наукоемких технологий для модернизации агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 125-летию со дня рожд. Терентия Семеновича Мальцева, Курган, 05 нояб. 2020 г. / Курганская ГСХА им. Т. С. Мальцева. – Курган, 2020. – С. 449-453.

9. Выращивание телят с использованием заменителей молока с разным содержанием лактозы / И. В. Богданович, А. В. Астренков, Е. И. Приловская [и др.] // Модернизация аграрного образования : сб. науч. тр. по материалам VI Междунар. науч.-практ. конф., Томск, 16–17 дек. 2020 г. / НГАУ. – Томск-Новосибирск : Золотой колос, 2020. – С. 452-455.

10. Богданович, И. В. Система выращивания телят с включением в рацион дробленого зерна кукурузы / И. В. Богданович // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 01–02 июня 2023 г / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – Ч. 1. – С. 28-32.

11. Влияние степени измельчения зерна на физиологическое состояние, обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / Г. Н. Радчикова, Д. М. Богданович, Д. В. Медведева, О. Я. Василук, А. Г. Марусич // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. / БГСХА ; редкол. : В. В. Великанов (гл. ред.) [и др.]. – Горки, 2022. – Вып. 25, ч. 1. – С. 224-231.

12. Использование разных количеств лактозы в рационах молодняка крупного рогатого скота / В. П. Цай, Г. Н. Радчикова, Г. В. Бесараб, Е. И. Приловская // Научное обеспечение животноводства Сибири : материалы III междунар. науч.-практ. конф., Красноярск, 16–17 мая 2019 г. / Красноярский НИИЖ. – Красноярск, 2019. – С. 278-282.

13. Качество силоса, заготовленного с консервантами «Кормоплюс» и влияние скармливания его на переваримость питательных веществ у бычков / А. М. Глинкова, А. Н. Шевцов, С. Л. Шинкарёва [и др.] // Вклад аграрных ученых в реализацию десятилетия науки и технологии в Российской Федерации сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., Курган, 12–13 апр. 2023 г. / Курганский гос. ун-т. – Курган, 2023. – С. 21-24.

14. Богданович, И. В. Эффективность производства говядины при включении в рацион цельного зерна кукурузы / И. В. Богданович // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практический центр НАН Беларуси по животноводству ; редкол. : И. П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жоди́но, 2022. – Т. 57, ч. 1. – С. 168-176. – DOI 10.47612/0134-9732-2022-57-1-168-176.

15. Продуктивность молодняка крупного рогатого скота, выращенного на заменителе сухого обезжиренного молока и заменителе цельного молока в послемолочный период / Г. Н. Радчикова, Т. Л. Сапсальёва, И. В. Богданович, С. Н. Пилук, М. В. Джумкова, В. О. Лемешевский, И. В. Яночкин, Е. И. Приловская // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практический центр НАН Беларуси по животноводству ; редкол. : И. П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жоди́но, 2021. – Т. 56, ч. 2. – С. 3-13.

16. Эффективность скормливания молодняку крупного рогатого скота разных сапропелей / И. В. Богданович, С. А. Ярошевич, Е. П. Симоненко [и др.] // Инновации в животноводстве – сегодня и завтра : сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Жодино, 19–20 дек. 2019 г. / Науч.-практический центр НАН Беларуси по животноводству – Минск : Белорусская наука, 2019. – С. 210-215.

17. Протеин – важный компонент заменителей цельного молока для телят / Г. Н. Радчикова, А. Н. Кот, Н. А. Шарейко [и др.] // Научное обеспечение животноводства Сибири : материалы II междунар. науч.-практ. конф., Красноярск, 17–18 мая 2018 г. / Красноярский НИИЖ. – Красноярск, 2018. – С. 194-198.

18. Продуктивность молодняка крупного рогатого скота при различных уровнях энергетического питания / В. О. Лемешевский, Б. С. Убушаев, А. М. Глинкова, М. В. Джумкова, Г. В. Бесараб, Д. В. Медведева, Т. В. Медведская, А. Г. Марусич, А. Я. Райхман // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практический центр НАН Беларуси по животноводству ; редкол. : И. П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жодино, 2023. – Т. 58, ч. 2. – С. 18-26.

19. Влияние скормливания кормовых добавок с включением синтетических азотсодержащих веществ на продуктивность бычков / Г. Н. Радчикова, М. В. Джумкова, Л. А. Возмитель [и др.] // Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики : сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч.-практ. конф., Томск, 05 дек. 2019 г. / НГАУ. – Томск : Золотой колос, 2019. – С. 248-251.

20. Откорм бычков с использованием кормовой добавки «ИПАН» / В. П. Цай, Г. Н. Радчикова, М. В. Джумкова, И. А. Петрова, С. Н. Пилук // Инновации в животноводстве – сегодня и завтра : сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Жодино, 19–20 дек. 2019 г. / Науч.-практический центр НАН Беларуси по животноводству. – Минск : Белорусская наука, 2019. – С. 363-367.

21. Откорм бычков с использованием барды / Г. В. Бесараб, Д. М. Богданович, Г. Н. Радчикова, М. В. Джумкова, А. К. Натыров, Н. Н. Мороз, В. А. Ляондышев, И. В. Сучкова // Инновационный путь развития отраслей животноводства : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 23 сент. 2022 г. / Науч.-практический центр НАН Беларуси по животноводству. – Жодино, 2022. – С. 77-82.

22. Возможность использования рапсового жмыха в кормлении телят первой фазы выращивания / Т. Л. Сапсалёва, И. В. Богданович, А. Н. Шевцов, Д. В. Медведева, Н. И. Мосолова, И. С. Серяков, А. Я. Райхман, В. А. Голубицкий // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти акад. РАН В.П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Солёное Займище, 10–12 авг. 2021 г. / ПАФНЦ РАН. – Солёное Займище, 2021. – С. 1468-1473.

23. Влияние скормливания кормовых добавок с включением разных источников протеина на физиологическое состояние и продуктивность бычков / Г. Н. Радчикова, А. М. Глинкова, Г. В. Бесараб, И. В. Богданович, Д. В. Медведева, О. Ф. Ганущенко // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 01–02 июня 2023 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – Ч. 1. – С. 172-177.

24. Показатели рубцового пищеварения у молодняка крупного рогатого скота в возрасте 6-9 месяцев от скормливания экструдированных высокобелковых концентрированных кормов / А. Н. Кот, Н. И. Мосолова, Г. В. Бесараб, А. М. Антонович, Е. А. Долженкова, Т. Л. Сапсалёва, Г. Н. Радчикова, А. В. Жалнеровская, А. В. Астренков, Е. И. Приловская // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практический центр НАН Беларуси по животноводству ; редкол. : И. П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жодино, 2020. – Т. 55, ч. 2. – С. 3-13.

25. Совершенствование рационов нетелей в летний и зимний периоды / В. П. Цай, Г. Н. Радчикова, А. Н. Кот, А. М. Глинка, Д. В. Медведева, В. О. Лемешевский // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 01–02 июня 2023 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – Ч. 1. – С. 222–227.
26. Влияние скармливания белково-энергетической добавки на физиологическое состояние и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / А. М. Глинка, Д. М. Богданович, Г. В. Бесараб, М. В. Джумкова, И. В. Богданович, В. А. Люндышев // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. по материалам национальной науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию со дня рожд. Заслуж. работника высшей школы РФ, Почётного проф. Брянской ГСХА, д-ра ветеринар. наук, проф. Ткачёва А.А., Брянск, 27 окт. 2023 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – С. 213–220.
27. Влияние соотношения фракций протеина на эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота / А. М. Глинка, Д. М. Богданович, Г. В. Бесараб, М. В. Джумкова, И. В. Богданович // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. по материалам национальной науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию со дня рожд. Заслуж. работника высшей школы РФ, Почётного проф. Брянской ГСХА, д-ра ветеринар. наук, проф. Ткачёва А.А., Брянск, 27 окт. 2023 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – С. 220–226.
28. Богданович, И. В. Влияние включения цельного зерна кукурузы в рацион телят молочного периода выращивания на их дальнейшую продуктивность и переваримость питательных веществ кормов / И. В. Богданович // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практический центр НАН Беларуси по животноводству ; редкол. : И. П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жодино, 2023. – Т. 58, ч. 1. – С. 160–171.
29. Повышение продуктивного действия злаково-бобовой зерносмеси / Д. М. Богданович, А. М. Глинка, А. Н. Кот, М. В. Джумкова, С. Н. Пилук, Л. Н. Гамко // Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства : сб. науч. работ междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию со дня рожд. проф. Лебедько Егора Яковлевича, Брянск, 15 дек. 2023 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – С. 235–239.
30. Эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота белково-витаминно-минеральных добавок / А. М. Глинка, А. Н. Кот, М. В. Джумкова, В. М. Будько, Л. А. Возмитель, Д. В. Медведева // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 01–02 июня 2023 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2023. – Ч. 1. – С. 57–63.

Поступила 24.03.2025 г.

М.А. ДАШКЕВИЧ, В.Н. БУШТЕВИЧ, Т.В. УГЛИК,
В.П. ГАВРИЛЕНКО, А.Д. ТРОШИНА

**ВЫХОД ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ЗЕЛЁНОЙ МАССЫ
ТРИТИКАЛЕ ЗЕЛЁНОУКОСНОГО С ЕДИНИЦЫ ПЛОЩАДИ
ПРИ РАЗНЫХ СРОКАХ УБОРКИ**

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по земледелию, г. Жодино, Республика Беларусь*

В кормлении животных используют большой ассортимент кормовых ресурсов. Получить высокопитательный ранний зелёный корм и качественный фураж можно за счёт тритикале, которое характеризуется высокой урожайностью и качеством продукции, повышенной устойчивостью к болезням и неблагоприятным почвенно-климатическим условиям. В статье представлены материалы исследований, в которых изучался выход питательных веществ зелёной массы тритикале зелёноукосного с единицы площади при разных сроках уборки. В результате исследований установлено, что контрольный сорт Борец являлся раннеспелым, а сортообразцы Э 4/20 и Э 12/20 – позднеспелыми, что позволяет продлить сроки их использования в зелёном конвейере на 7-9 дней. Опытные сортообразцы превосходили контрольный сорт Борец по выходу всех питательных веществ зелёной массы с единицы площади в фазы трубкования, начало колошения и урожайности.

Ключевые слова: тритикале, сортообразец, урожайность, питательность, облиственность, фаза развития.

M.A. DASHKEVICH, V.N. BUSHTEVICH, T.V. UGLIK,
V.P. GAVRILENKO, A.D. TROSHINA

**NUTRITIONAL YIELD OF GREEN MASS OF GREEN-MOWN
TRITICALE PER UNIT AREA AT DIFFERENT HARVESTING
TIMES**

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Arable Farming, Zhodino, Republic of Belarus*

A wide range of fodder resources is used in animal feeding. Highly nutritious early green fodder and high-quality forage can be obtained from triticale, which is characterized by high yield and product quality, increased resistance to diseases and adverse soil and climatic conditions. The paper contains the results of research aimed at studying the nutritional yield of green mass of green-mown triticale per unit area at different harvesting times. As a result of research, it was found that the control variety Borets was early maturing, and varieties E 4/20 and E 12/20 were late maturing, which

allows extending the terms of their use in the green conveyor for 7-9 days. Experimental varieties were superior to the control variety Borets in terms of nutritional yield of green mass per unit area during the booting, heading and harvesting stages.

Key words: triticale, variety, yield, nutritional value, leaf coverage, development phase.

Введение. Особенность современного этапа развития сельского хозяйства Беларуси состоит в необходимости наращивания объёмов продукции в условиях экономии потребления энергоресурсов [1]. На первый план выдвигается принцип экономической целесообразности. Руководствуясь им при производстве кормов необходимо переходить к комплексным ресурсосберегающим прогрессивным технологиям. Одним из перспективных направлений интенсификации кормопроизводства, обеспечивающим наиболее полное и эффективное использование биоклиматического потенциала каждого конкретного поля, является возделывание сельскохозяйственных культур в конструируемых адаптивных агросистемах. Возможность использования смешанных (многовидовых и многосортных) агроценозов позволит увеличить выход производимой продукции и улучшить ее качество [2, 3, 4].

Интерес сельскохозяйственных организаций к тритикале возрастает в силу уникального сочетания ряда хозяйственно-биологических особенностей. Эта культура универсального использования. Её зелёную массу используют для получения раннего высококачественного зелёного корма, для приготовления гранул, силоса, сенажа. Зерно тритикале пригодно для хлебопечения, получения крахмала, спирта, откорма сельскохозяйственных животных [5, 6].

Анализ тенденций развития кормовой базы показывает, что основной путь увеличения производства кормов – повышение урожайности за счёт внедрения новых культур и сортов, более полного использования их потенциальных возможностей и совершенствования технологии возделывания [7]. За последние годы в Республике Беларусь значительно расширились посевные площади тритикале, которая характеризуется высокой урожайностью и качеством продукции, повышенной устойчивостью к болезням и неблагоприятным почвенно-климатическим условиям. Несмотря на многолетнее использование этой культуры, отмечается недостаточное применение её в кормовых севооборотах. Это объясняется целым рядом причин, одна из них отсутствие комплексной оценки используемых кормовых культур [8, 9].

В кормлении животных используют большой ассортимент кормовых ресурсов. Для получения раннего зелёного корма огромную роль играют озимые зерновые культуры. Они лучше яровых используют биоклиматический потенциал зоны и обеспечивают стабильный уровень сельскохозяйственной продукции. Получить высокопитательный

ранний зелёный корм и качественный фураж можно за счёт тритикале [10, 11].

Использование тритикале озимого, как промежуточную культуру в зелёном конвейере, позволяет максимально задействовать агроклиматические условия Беларуси для получения качественных кормов в ранние сроки. При соблюдении агротехнических приёмов тритикале имеет высокую перезимовку и менее требовательна к плодородию почвы. Зимние запасы влаги эффективно используются растениями ранней весной. Не высокие температуры в весенний период позволяют сформировать плотный травостой и стабильные урожаи зелёной массы [12].

Цель исследований – изучить урожайность, облиственность и выход питательных веществ зелёной массы с одного гектара перспективных сортообразцов тритикале озимого зелёноукосного направления.

Материал и методика исследований. Исследования проводили в 2022-2024 гг. селекционно-семеноводческом комплексе «Перемежное» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию» на средне окультуренной дерново-подзолистой, легкосуглинистой почве. Агрохимические показатели пахотного горизонта: pH (в KCl) – 5,8-6,2, подвижный P_2O_5 – 260-300 мг, обменный K_2O – 220-260 мг на 100 г почвы, гумус – 2,1-2,3 %. Предшественник – озимый рапс.

Исследования проводили путём закладки полевых опытов по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [13]. Обработку почвы проводили согласно отраслевому регламенту. Площадь делянки – 30 м² в восьмикратной повторности. Посев производили рядовым способом в оптимальные для культуры сроки с нормой высева 500 шт./м² всхожих зерен. Размещение делянок рандомизированное.

Минеральные удобрения (P_{80} , K_{120}) вносились осенью под вспашку. Азотные удобрения (карбамид) вносили весной в несколько приёмов: при возобновлении вегетации в дозе 80 кг д.в./га, в начале выхода в трубку – 40 кг д.в./га и при появлении флагового листа – 30 кг д.в./га

Объектом исследований являлось сортообразцы тритикале озимого зеленоукосного направления использования. В качестве контроля был взят сорт Борец. Данный сорт является контролем в государственном испытании сортов сельскохозяйственных растений Республики Беларусь.

Учёты данных проводили в фенологическую фазы трубкования (ВВСН 32), флагового листа (ВВСН 37), начало колошения (ВВСН 51)

Результаты исследований и их обсуждение. Высокий потенциал продуктивности тритикале озимого и эффективная его реализация при широком диапазоне погодных условий обеспечивают его

конкурентоспособность среди других культур.

На основании собственных полевых наблюдений установлено, что в центральном регионе Беларуси в зависимости от погодных условий фаза трубкования на тритикале озимом приходится с третьей декады апреля по вторую декаду мая. Фаза флагового листа – с I по III декады мая, начало колошения начинается с первых дней III декады мая до середины I декады июня.

Исходя из результатов исследований установлено наличие существенной дифференциации среди изучаемых сортообразцов по срокам наступления фаз развития растений. Сорт Борец является раннеспелым, сортообразцы Э 4/20 и Э 12/20 – позднеспелыми. Разница между группами составляла в фазу трубкования 5-6 суток, флагового листа – 6-7 и начало колошения – 7-9 суток в зависимости от года наблюдений.

Создание генотипов с определенной продолжительностью вегетационного периода имеет свои особенности. Для зелёного конвейера требуются раннеспелые, так и позднеспелые сорта тритикале озимого.

Средняя урожайность зелёной массы перспективных сортообразцов в различные фазы развития за 2022-2024 гг. представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность зелёной массы тритикале озимого в зависимости от фазы развития

№ п/п	Сортообразец	Урожайность зелёной массы, ц/га		
		фаза трубкования	фаза флагового листа	фаза начало колошения
1	Борец (контроль)	154,0±1,37	419,1±35,2	510,3±31,33
2	Э 4/20	217,2±5,04***	422,3±41,5	684,5±48,67***
3	Э 12/20	197,8±7,65***	454,8±19,7	627,0±18,86**

Примечание. ** P<0,01; P<0,001

Исходя из данных таблицы установлено, что перспективные сортообразцы Э 12/20 и Э 4/20 в фазу трубкования достоверно превосходили контрольный сорт Борец по урожайности зелёной массы на 28,4 и 41,0 % соответственно, при P<0,001. В фазу флагового листа достоверных различий по урожайности не установлено. Однако, сортообразцы Э 4/20 и Э 12/20 незначительно превосходили сорт Борец на 3,2 ц/га или 0,8 % и 35,7 ц/га или 8,5 % соответственно. На урожайности зелёной массы сортообразцов в фазу флагового листа отразилось отсутствие дождей мае месяце в 2024 году. В фазу начало колошения установлено достоверное превосходство сортообразцов Э 12/20 и Э 4/20 над контролем на 22,9 и 34,1 % при P<0,01...0,001 соответственно.

Обязательной составляющей структуры зелёной массы является весовая доля листьев. От содержания листовой массы зависит качество корма и поедаемость животными.

Таблица 2 – Облиственность сортообразцов тритикале озимого на зелёный корм в зависимости от фазы развития

№ п/п	Сортообразец	Доля листьев, %		
		фаза трубко- вания	фаза флаго- вого листа	фаза начало колошения
1	Борец (контроль)	53,4	42,4	28,5
2	Э 4/20	56,0	41,7	22,8
3	Э 12/20	51,3	40,9	23,6

Данные таблицы 2 показывают, что в фазу трубкования все сортообразцы имели высокую массовую долю листьев (51,3-56,0 %) в общей укосной массе на протяжении трёх лет исследований. По содержанию листьев в общей зелёной массе выделялся сортообразец Э 4/20 (56 %) и превосходил контрольный сорт Борец на 2,6 %. Процентное соотношение листьев к наземной массе растения у тритикале озимого на зелёный корм во многом зависело от погодных условий. В засушливый 2024 год для листьев в фазу трубкования у сортообразца Э 4/20 достигала 63,4 %, а в оптимальный 2022 год – 51,2 %. Наиболее интенсивный прирост надземной массы у тритикале озимого идёт после фазы выхода в трубку. При дальнейшем росте и развитии растений происходит снижение содержания доли листовой пластинки к общей массе. В фазу флагового листа доля листьев у изучаемых сортообразцов в среднем за три года составила 40,9 % (Э 12/20) – 42,4 % (Борец). В фазу начало колошения облиственность сортообразцов значительно снизилась и составляла 22,8-28,5 %. Доля листьев в надземной части растения значительно зависела от высоты растения, срока скашивания, кустистости, погодных условий.

Важно иметь биомассу определённой питательной ценности. Отличительной особенностью зелёной массы тритикале зелёноукосного в фазу трубкования являлось высокая влажность (82-84 %), высокое содержание протеина, минеральных веществ и витаминов, а также низкое содержание клетчатки. В одном килограмме зелёной массы изучаемых сортообразцов тритикале зелёноукосного содержалось 20-25 % сырого протеина, 3,2-4,0 % сырого жира, 21-23 % сырой клетчатки, 37-42 % БЭВ и 11-12 % сырой золы. По содержанию обменной энергии в сухом веществе (10-12 МДж) и перваримого протеина (230-280 г/кг) зелёная масса тритикале зелёноукосного близка к растительным концентратам, но превосходит их по биологической ценности протеина и содержанию витаминов.

Исходя из данных таблицы 3 установили, что сортообразцы тритикале зелёноукосного Э 4/20 и Э 12/20 по выходу питательных веществ зелёной массы с 1 га в фазу трубкования превосходили контрольный сорт Борец по: ЭКЕ – на 41,0 и 28,4 %, обменной энергии – на 33,3 и

29,2 %, сухому веществу – на 35,8 и 29,6 %, сырому протеину – на 33,8 и 22,1 %, переваримому протеину – на 32,6 и 21,4 %, сырому жиру – на 33,7 и 36,0 %, сырой клетчатки – на 40,6 и 33,6 %, сахара – на 41,0 и 35,1 %, крахмала – на 15,9 и 15,5 %, БЭВ – на 33,1 и 31,6 % соответственно.

Таблица 3 – Выход питательных веществ зелёной массы сортообразцов тритикале зелёноукосного с 1 га посевной площади в фазу трубкования

Показатели	Борец (контроль)	Э 4/20	Э 12/20
ЭКЕ, ц/га	24,64	34,75	31,65
Обменная энергия, ГДЖ	25,41	33,88	32,83
Сухое вещество, ц/га	24,76	33,62	32,10
Сырой протеин, ц/га	5,62	7,52	6,86
Переваримый протеин, ц/га	3,93	5,21	4,77
Сырой жир, ц/га	0,86	1,15	1,17
Сырая клетчатка, ц/га	5,39	7,58	7,20
Сахар, ц/га	2,05	2,89	2,77
Крахмал, ц/га	5,04	5,84	5,82
БЭВ, ц/га	10,04	13,36	13,21

В процессе вегетации растений тритикале зелёноукосного в зависимости от сорта питательная ценность изменяется. В одном килограмме зелёной массы изучаемых сортообразцах тритикале зелёноукосного в фазу флагового листа содержалось: сухого вещества – 16-21 %, сырого протеина – 12-20 %, сырого жира – 2,5-3,5 %, сырой клетчатки – 22-27 %, БЭВ – 46-51% и сырой золы – 8-10 %.

Таблица 4 – Выход питательных веществ зелёной массы сортообразцов тритикале зелёноукосного с 1 га посевной площади в фазу флагового листа

Показатели	Борец (контроль)	Э 4/20	Э 12/20
ЭКЕ, ц/га	83,82	67,57	72,77
Обменная энергия, ГДЖ	81,72	67,57	75,5
Сухое вещество, ц/га	82,14	71,58	79,6
Сырой протеин, ц/га	12,45	10,98	12,83
Переваримый протеин, ц/га	8,51	7,26	8,55
Сырой жир, ц/га	2,26	1,94	2,27
Сырая клетчатка, ц/га	19,45	19,0	20,74
Сахар, ц/га	9,97	7,43	8,37
Крахмал, ц/га	13,54	7,56	12,60
БЭВ, ц/га	44,42	35,64	39,52

Исходя из данных таблицы 4 установили, что сортообразец тритикале зелёноукосного Э 4/20 уступал контрольному сорту Борец по выходу всех питательных веществ с 1 га зелёной массы в фазу флагового

листа на 2,3 % (сырая клетчатка) – 44,2 % (крахмал). Сортообразец Э 4/20 характеризуется низким содержанием клетчатки, что положительно сказывается на переваримость корма. Сортообразец Э 12/20 уступал контролю по выходу – ЭКЕ на 13,2 %, обменной энергии – 7,6 %, сухого вещества – 3,1 %, сахара – 16,0 %, крахмала – 6,9 %, БЭВ – 11,0 %, но превосходил по выходу сырого протеина на 3,1 %, переваримого протеина – 0,5 %, сырого жира – 0,4 %, сырой клетчатки – 6,6 %.

В процессе роста и развития растений сортообразцов тритикале зелёноукосного направления происходило снижение питательной ценности зелёной массы: содержания протеина, жира, каротина и увеличивалось содержания сырой клетчатки, вследствие чего ухудшается переваримость и энергетическая ценность корма. Однако выход питательных веществ с 1 га площади продолжал увеличиваться до фазы начало колошения.

В одном килограмме зелёной массы изучаемых сортообразцах тритикале зелёноукосного в фазу начало колошения содержалось: сухого вещества – 21-26 %, сырого протеина – 8-14 %, сырого жира – 2,0-2,5 %, сырой клетчатки – 35-41 %, БЭВ – 38-42% и сырой золы – 7-10 %.

Таблица 5 – Выход питательных веществ зелёной массы сортообразцов тритикале зелёноукосного с 1 га посевной площади в фазу начало колошения

Показатели	Борец (контроль)	Э 4/20	Э 12/20
ЭКЕ, ц/га	86,75	116,37	106,59
Обменная энергия, ГДЖ	89,81	118,42	110,35
Сухое вещество, ц/га	111,35	169,14	148,35
Сырой протеин, ц/га	14,01	14,65	14,67
Переваримый протеин, ц/га	7,92	8,08	8,34
Сырой жир, ц/га	2,71	3,42	3,51
Сырая клетчатка, ц/га	38,73	67,76	57,25
Сахар, ц/га	13,79	14,85	13,48
Крахмал, ц/га	14,90	15,54	10,91
БЭВ, ц/га	50,57	69,41	61,70

Исходя из данных таблицы 5 установили, что сортообразец Э 4/20 превосходил контрольный сорт Борец по выходу питательных веществ с 1 га посевной площади по ЭКЕ на 34,1 %, обменной энергии – 31,9%, сухому веществу – 51,9%, сырому протеину – 4,6%, переваримому протеину – 1,9%, сырому жиру – 26,2 %, сырой клетчатке – 75,0 %, сахару – 7,7 %, крахмалу – 4,3 %, БЭВ – 37,3 %. Сортообразец 12/20 превосходил по ЭКЕ и обменной энергии на 22,9 %, сухому веществу – на 33,2 %, сырому протеину – на 4,7 %, переваримому протеину – на 5,39 %, сырому жиру – на 29,5 %, сырой клетчатке – на 47,8 %, БЭВ – на 22,0 %, но уступал по выходу сахара на 2,2 % и крахмала на 26,8 %.

Питательная ценность зеленой массы сортообразцов тритикале озимого зелёноукосного направления зависела от гибридной комбинации, условий и места произрастания, агротехники возделывания и фаз уборки.

Заключение. 1. В результате исследований установлено, что контрольный сорт Борец являлся раннеспелым, фаза трубкования наступала раньше на 5-6 дней, флагового листа – на 6-7 дней, начало колошения – на 7-9 дней по сравнению с сортообразцами Э 4/20 и Э12/20.

2. Сортообразцы Э 4/20 и Э 12/20 являлись позднеспелыми, что позволяет продлить сроки использования сортообразцов в зелёном конвейере на 7-9 дней. По урожайности зелёной массы сортообразцы превосходили контроль в фазы трубкования на 41,0 и 28,4 %, флагового листа – на 0,8 и 3,2 %, начало колошения – на 34,1 и 22,9 %.

3. Сортообразцы Э 4/20 и Э 12/20 тритикале озимого зелёноукосного направления использования превосходили контрольный сорт Борец по выходу всех питательных веществ с единицы площади в фазы трубкования, начало колошения и будут переданы для дальнейшего испытания в Государственную инспекцию по испытанию и охране сортов сельскохозяйственных растений Республики Беларусь.

Литература

1. Волошин, В. А. Технология возделывания озимой тритикале на зерно и корм для формирования высоко сырьевого конвейера / В. А. Волошин. – Пермь, 2010. – 24 с.
2. Грабовец, А.И. Селекция тритикале / А.И. Грабовец // Зернофураж в России : сб. науч. тр. по материалам координационного совещания по заданию ГУ. 12.05, 9 апр. 2008 г. / ГНУ ВНИИК им. В. Р. Вильямса РАСХН. – Москва : Дом печати, 2009. – С. 206-220.
3. Лапшин, Ю. А. Озимое тритикале как компонент для производства высококачественного зелёного корма / Ю. А. Лапшин // Научные основы современных агротехнологий в сельскохозяйственном производстве : материалы Всерос. науч.практ. конф., Саранск, 25-26 июня 2015 г. / Мордовский НИИСХ. – Саранск, 2015. – С. 134-139.
4. Тритикале озимое белорусской и российской селекции на зелёный корм в фазу трубкования / М. А. Дашкевич, В. Н. Буштевич, Е. И. Позняк [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству ; редкол. : И. П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жодино, 2022. – Т. 57, ч. 1. – С. 189-198. – DOI 10.47612/0134-9732-2022-57-1-189-198.
5. Дашкевич, М. А. Оценка сортов тритикале озимого на зеленый корм / М. А. Дашкевич, В. Н. Буштевич, В. П. Гавриленко // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти д-ра биол. наук, проф., Заслуж. работника Высшей школы РФ, Почётного работника высшего профессионального образования РФ, Почётного проф. Брянского ГСХА, Почётного гражданина Брянской области Е.П. Ващекина. Брянск, 22 янв. 2024 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2024. – С. 303-310.
6. Элементы продуктивности и питательная ценность зелёной массы тритикале озимого в фазу трубкования / М. А. Дашкевич, В. Н. Буштевич, Е. И. Позняк, В. П. Гавриленко // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству ; редкол. : И. П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жодино, 2019. – Т. 54, ч. 1. – С. 225-233.
7. Использование тритикале озимого при организации зелёного конвейера / М. А. Дашкевич, В. Н. Буштевич, В. П. Гавриленко [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси :

сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству ; редкол. : И. П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жодино, 2023. – Т. 58, ч. 1. – С. 190-197.

8. Дашкевич, М. А. Тритикале озимое белорусской и российской селекции в зелёном конвейере / М. А. Дашкевич, В. Н. Буштевич // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / ГГАУ. – Гродно, 2022. – Т. 59. – С. 36-44.

9. Морфологические показатели ассимиляционного аппарата растений тритикале озимого и их связь с урожайностью зелёной массы / М. А. Дашкевич, В. Н. Буштевич, В. П. Гавриленко [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству ; редкол. : И. П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жодино, 2024. – Т. 59, ч. 1. – 141-150.

10. Дашкевич, М.А. Продуктивная способность и питательная ценность тритикале озимого / М. А. Дашкевич // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / ГГАУ ; редкол. : В. К. Пестис (гл. ред.) [и др.]. – Гродно, 2023. – Т. 62. – С. 78-85.

11. Дашкевич, М. А. Фотосинтетическая деятельность тритикале озимого на зеленый корм / М. А. Дашкевич, Е. Я. Лебедев // Вестник Брянской ГСХА. – 2024. – № 3(103). – С. 20-25.

12. Дашкевич, М.А. Питательная ценность зеленой массы тритикале озимого / М.А. Дашкевич // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 30-31 мая 2024 г. / Брянский ГАУ. – Брянск, 2024. – Ч. 1. – С. 52-57.

13. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур : сб. отраслевых регламентов / Ф. И. Привалов, В. К. Павловский, В. В. Гракун [и др.] ; Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – 3-е изд. – Минск : Беларуская навука, 2014. – 288 с. – ISBN 978-985-08-1730-3.

Поступила 8.05.2025 г.

УДК 636.4.085.12-022.532

Е.Е. ЕВСЕЕНКО

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУХИХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК, СОДЕРЖАЩИХ НАНОСЕЛЕН И НАНОЦИНК, В РАЦИОНАХ МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ

*Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

Результаты многочисленных научных исследований и практический опыт свидетельствуют о невозможности получать высокую продуктивность и поддерживать здоровье животных без их обеспечения микроэлементами в необходимом количестве и доступной форме. Наночастицы металлов имеют более высокую биодоступность, так как обладают новыми характеристиками: более высокими удельной поверхностью, поверхностной активностью, каталитической эффективностью и адсорбционной способностью. Целью исследований, результаты которых представлены в статье, было изучить эффективности кормовых добавок, содержащих наноцинк и наноселен, в рационах молодняка свиней на откорме. Установлено, что использование изучаемых кормовых добавок

способствовало увеличению валового прироста живой массы за весь период опыта на 4,7 и 11,3 % и получению дополнительной прибыли 0,21 и 0,49 руб. на 1 кг живой массы соответственно.

Ключевые слова: молодняк свиней, кормовая добавка, рационы, наноселен, наноцинк.

E.E. EVSEENKO

USE OF DRY FEED ADDITIVES CONTAINING NANOSELENIUM AND NANOZINC IN YOUNG PIGS' DIETS

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus

The results of numerous scientific studies and practical experience show that it is impossible to obtain high productivity and maintain the health of animals without providing them with microelements in the required amount and available form. Metal nanoparticles have higher bioavailability because they have new characteristics: higher specific surface area, surface activity, catalytic efficiency and adsorption capacity. The purpose of the research, the results of which are presented in this paper, was to study the effectiveness of feed additives containing nanozinc and nanoselenium in the diets of young fattening pigs. It was found that the use of the studied feed additives contributed to an increase in gross live weight gain for the whole period of the experiment by 4.7 and 11.3% and additional profit of 0.21 and 0.49 rubles per 1 kg of live weight, respectively.

Key words: young pigs, feed additive, diets, nanoselenium, nanozinc.

Введение. По мере интенсификации животноводства, перевода его на промышленную основу и увеличения производства продуктов животноводства всё больше внимания должно уделяться полноценному, сбалансированному кормлению животных и повышению коэффициента полезного действия кормов. Результаты многочисленных научных исследований и практический опыт свидетельствуют о невозможности получать высокую продуктивность и поддерживать здоровье животных без их обеспечения микроэлементами в необходимом количестве и доступной форме. Являясь необходимой составной частью многих биологически активных соединений (белков, ферментов, гормонов, витаминов, пигментов) или оказывая влияние на их функции, микроэлементы участвуют в разнообразных процессах жизнедеятельности и обмена веществ в организме. В организме животных микроэлементы функционируют как часть более крупных органических молекул.

Цинк в организме животных является кофактором большой группы ферментов (дегидрогеназы, альдолазы, фосфатазы, пептидазы и др.), участвующих в биохимических реакциях гидролиза, особенно эфиров и

белков. Всего элемент активизирует около 200 различных энзимов, ответственных за самый широкий спектр биохимических реакций в организме – от регуляции деления и созревания клеток, синтеза белков, метаболизма липидов до обезвреживания углекислого и угарного газов. Элемент оказывает влияние на уровень цинкосодержащих ферментов – лактатдегидрогеназы и щелочной фосфатазы, тем самым постоянно участвуя в регуляции иммуногенеза [1]. Использование наночастиц цинка в качестве альтернативы обычным минеральным источникам при кормлении сельскохозяйственных животных положительно влияет на продуктивность, повышение иммунитета и улучшение воспроизводства [2, 3]. Исследованиями Lina T. et al. И Mishra A. et al. [4, 5] установлено повышение продуктивности и эффективности использования кормов поросятами и птицей при введении в рационы наночастиц цинка.

Селен известен своими многочисленными функциями в организме животного и человека. Биологическая активность этого элемента обусловлена его участием в регуляции образования антиоксидантов. Существует тесная корреляция между уровнем селена в организме и активностью селенсодержащего фермента глутатионпероксидазы, который предотвращает накопление в клетках перекисных продуктов обмена веществ [6, 7]. Помимо этого, селену принадлежат важные метаболические функции: он участвует в поддержании иммунной системы улучшает подвижность сперматозоидов, активирует гормоны щитовидной железы.

Исследования показали, что наночастицы металлов имеют более высокую биодоступность, так как обладают новыми характеристиками: более высокими удельной поверхностью, поверхностной активностью, каталитической эффективностью и адсорбционной способностью [8].

Цель работы: изучить эффективности кормовых добавок, содержащих нанозинк и наноселен, в рационах молодняка свиней на откорме.

Материал и методика исследований. Для достижения поставленной цели по изучению эффективности кормовых добавок содержащих нанозинк и наноселен в рационах молодняка свиней на откорме организовано проведение исследований (таблица 1) в условиях репродуктора I порядка «Рассошное» ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области на молодняке свиней на откорме.

В каждой из трёх подопытных групп содержалось 30 голов подсвинок породы ландрас. Различия между группами состояли в использовании трёх рецептов комбикормов СК-31, сбалансированных по всем основным питательным и биологически активным веществам, отличающихся между собой вводом 0,2 % добавок кормовых сухих, содержащих наночастицы селена, цинка. заменяющих аналогичное количество известняковой муки.

Таблица 1 – Схема исследований

Группа	Количество животных в группе	Условия кормления
I контрольная	30	СК-31
II опытная	30	СК-31 с вводом 0,2% кормовой сухой добавки, содержащей наночастицы селена
III опытная	30	СК-31 с вводом 0,2% кормовой сухой добавки, содержащей наночастицы цинка

Качество кормов определяли в лаборатории технологии кормопроизводства и биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». В кормах определяли: обменную энергию – расчётным путём, влага – по ГОСТ 13496.3-92, азот – автоматический анализатор азота по Кьельдалю UDK-159 (по ГОСТ 13496.4-2019. п.2), клетчатка – по методу Геннеберга – Штомана на FIWE – 6 (по ГОСТ 13496.2-91), сырой жир – в аппарате Сокслета (по ГОСТ 13496.15-2016), зола – по ГОСТ 26226-95 п.1. Динамику живой массы – путём индивидуального взвешивания животных в начале и конце опыта, а также по периодам выращивания. Фактическую поедаемость кормов определяли путём еженедельных контрольных взвешиваний заданных кормов и их остатков. Экономическую эффективность рассчитывали на основе производственных затрат и выходе продукции по сравнению с контрольной группой.

Гематологические показатели:

- морфофункциональный состав крови форменных элементов крови с использованием автоматического анализатора Urit 3000Vet Plus;
- биохимический состав сыворотки крови (общий белок с фракциями, мочевины, глюкозы, холестерина, триглицериды, креатинин, билирубин общий) – на биохимическом анализаторе «Assent 200». Отбор проб крови проводили до кормления из глазного синуса дважды в начале и в конце исследований. Цифровые материалы обработаны методом вариационной статистики [9, 10].

Результаты исследований и их обсуждение. Состав сухих кормовых добавок, содержащих наночастицы, представлен в таблице 2.

Балансирование комбикорма СК-31 для молодняка свиней произведено в соответствии с требованиями СТБ-2111. Комбикорм СК-31 включает 77,35 % зерна злаковых культур, 16,28 % высокобелковых компонентов, 3,0 % масла растительного и 2,97 % минеральных кормов, 0,4 % синтетических аминокислот. В рационе в расчёте на 1 МДж обменной энергии содержится 11,51 г сырого протеина, 3,43 г сырой клетчатки, 3,81 г сырого жира, 0,61 г лизина, 0,41 г метионина, 0,14 г триптофана. Соотношение кальция к фосфору 0,8:1.

Таблица 2 – Рецептура кормовых добавок сухих, содержащих наночастицы

Компоненты	Добавка кормовая сухая, содержащая наночастицы селена	Добавка кормовая сухая, содержащая наночастицы цинка
Препарат «Нано-Se» (концентрация наночастиц селена 0,65 г/кг), %	6,25	-
Препарат «Нано-Zn-Fe» (концентрация наночастиц цинка 1,1 г/кг), %	-	36,35
Диоксид кремния «Кавелос»	-	30,00
Известняковая мука	93,75	33,65
Содержание в 1 кг:		
Сухого вещества, г	944	642
Сырой золы, г	939	620
Кальция, г	309	111
Цинка в виде наночастиц, мг	-	400
Селена в виде наночастиц, мг	40,6	-
Норма ввода в комбикорма, %	0,2	0,2
Внешний вид	сыпучий порошкообразный продукт	

Состав и питательность используемых комбикормов в опыте представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Состав и питательность комбикорма СК-31

Компоненты	I контрольная	II опытная	III опытная
1	2	3	4
Ячмень, %	20,35	20,35	20,35
Пшеница, %	35,00	35,00	35,00
Тритикале, %	22,00	22,00	22,00
Шрот подсолнечный, %	11,00	11,00	11,00
Шрот соевый, %	5,28	5,28	5,28
Масло растительное, %	3,00	3,00	3,00
Мел молотый 1с, %	1,01	1,01	1,01
Соль поваренная корм., %	0,28	0,28	0,28
Монокальцийфосфат I сорт, %	0,48	0,48	0,48
Известняковая мука, %	0,20	-	-
Добавка кормовая, содержащая «Нано-Se», %	-	0,20	-
Добавка кормовая, содержащая «Нано-Zn-Fe», %	-	-	0,20
L-лизин сульфат, %	0,40	0,40	0,40
Премикс КС-4-1, %	1,00	1,00	1,00
Итого:	100,00	100,00	100,00

1	2	3	4
В 1 кг комбикорма содержится:			
Обменная энергия, МДж	13,19	13,19	13,19
Сухое вещество, г	864,90	864,90	864,90
Сырой протеин, г	151,80	151,80	151,80
Сырая клетчатка, г	45,30	45,30	45,30
Сырой жир, г	50,30	50,30	50,30
Лизин, г	8,00	8,00	8,00
Метионин+цистин, г	5,47	5,47	5,47
Триптофан, г	1,89	1,89	1,89
Соль поваренная, г	3,50	3,50	3,50
Кальций, г	6,00	6,00	6,00
Фосфор, г	4,80	4,80	4,80
Железо, мг	65	65	66
Цинк, мг	70	70	70,8
в т.ч. виде наночастиц, мг	-	-	0,8
Селен, мг	0,3	0,38	0,3
в т.ч. виде наночастиц	-	0,08	-
Натрий, г	1,40	1,40	1,40
Хлор, г	2,70	2,70	2,70
Сера, г	1,70	1,70	1,70

Рационы подопытного молодняка свиней состояли из одинакового набора кормов. За период опыта животные всех групп поедали практически одинаковое количество кормов. Кормление подопытных животных осуществлялось вручную, 2,17 кг комбикорма на голову в сутки в среднем за опытный период.

Эффективность скармливания опытного комбикорма СК-31 с применением разных добавок кормовых, содержащих «Нано-Se», «Нано-Zn», представлена в таблице 4.

Данные, полученные в ходе исследований, показывают, что средняя живая масса подсвинков на откорме в начале опыта отличалась не значительно, в конце периода масса животных II группы была выше на 1,5 %, масса животных III группы – на 3,8 %, чем масса молодняка в контрольной группе. Использование добавок кормовых, содержащих «Нано-Se», «Нано-Zn», положительно отразилось на продуктивности животных в опытных группах. Валовой прирост живой массы за период опыта во II опытной группе животных, потреблявших наночастицы селена, на 4,8 %, а в III опытной группе, потреблявшей наночастицы цинка, на 11,3 % был выше показателей контрольной группы. Аналогичная тенденция установлена по показателю среднесуточного прироста молодняка свиней при ежедневном использовании различных добавок кормовых, содержащих «Нано-Se» и «Нано-Zn». Повышение суточной продуктивности свиней на откорме II и III опытных групп по

сравнению с контрольной группой составило 33 (4,7 %) и 80 г (11,4 %) соответственно. Таким образом, наибольший привес живой массы наблюдался у свиней, получавших в своём рационе дополнительно наноцинк.

Таблица 4 – Динамика приростов живой массы подопытных животных

Показатель	Группа животных		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Средняя живая масса одного поросёнка, кг			
В начале опыта	67,0±0,31	66,9±0,26	67,0±0,34
В конце опыта	100,7±0,51	102,2±0,48*	104,5±0,81**
Валовой прирост за опыт, кг	33,7±0,56	35,3±0,48	37,5±0,61
Среднесуточный прирост живой массы, г			
За весь период опыта	702,8±25,47	735,8±14,65	782,0±28,39*
% к контролю	100	104,7	111,3
Затраты комбикорма, кг			
Среднесуточное потребление	2,17	2,17	2,17
На 1 кг прироста живой массы	3,09	2,95	2,77

Примечание: * - $P < 0,05$, ** - $P < 0,01$

Наиболее эффективно потребляли и усваивали питательные вещества комбикорма свиньи во II опытной группе, где затраты комбикорма на 1 кг живой массы прироста составили 2,77 кг комбикорма, что ниже на 10,4 % в сравнении с контролем.

Гематологические и биохимические показатели крови подопытных животных существенно не различались по гуморальным факторам защиты (содержание альбуминов и глобулинов), содержание общего белка, макро- и микроэлементов в сыворотке крови животных опытных групп было на уровне контроля и находилось в пределах физиологической нормы.

Анализ данных экономической эффективности показывает, что использование добавок кормовых, содержащих «Нано-Se» и «Нано-Zn», в рационах молодняка свиней на откорме, ведёт к получению дополнительной условной прибыли в расчёте на 1 кг прироста живой массы в размере 0,21 и 0,49 рублей соответственно (таблица 5).

Вывод. В результате исследований установлено положительное влияние сухих кормовых добавок, содержащих наноселен и нанозинк, на продуктивность молодняка свиней на откорме. Использование изучаемых кормовых добавок способствовало увеличению валового прироста живой массы за весь период опыта на 4,7 и 11,3 % по сравнению с показателями животных контрольной группы, что привело к получению дополнительной прибыли 0,21 и 0,49 руб. на 1 килограмм живой массы соответственно.

Таблица 5 – Расчёт экономической эффективности применения добавок кормовых, содержащих «Нано-Se» и «Нано-Zn», в рационах молодняка свиней на откорме

Показатель	Группа животных		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Стоимость 1 кг комбикорма, руб.	1,100	1,102	1,102
Стоимость 1 кг добавки кормовой Нано-Se, руб.	-	1,00	1,00
Затрачено комбикорма в расчёте на 1 голову за 48 дня опыта, кг	104,16	104,16	104,16
Стоимость затраченного в расчёте на 1 голову комбикорма, руб.	114,58	114,78	114,78
Условная себестоимость прироста живой массы (корма 70% в структуре себестоимости), руб.	163,69	163,97	163,97
Полученный прирост живой массы, кг	33,7	35,3	37,5
Условная себестоимость 1 кг прироста живой массы, руб.	4,86	4,65	4,37
Реализационная цена 1 кг прироста живой массы, руб.	5,1	5,1	5,1
Стоимость полученного прироста живой массы, руб.	171,87	180,03	191,25
Условная прибыль на одну голову, руб.	8,18	16,06	27,28
Условная прибыль в расчёте 1 кг прироста живой массы, руб.	0,24	0,45	0,73
Дополнительная условная прибыль в расчёте на 1 кг прироста живой массы полученная в опытной группе по отношению к контрольной, руб.	-	0,21	0,49

Литература

1. Разработка, производство и эффективность применения премиксов в кормлении молочного скота / И. И. Горячев, М. М. Карпеня, С. Л. Карпеня, Д. В. Базылев ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск : УО ВГАВМ, 2014. – 172 с. – ISBN 978-985-512-803-9.
2. Yang, Z. P. Effects of nanometre ZnO on growth performance of early weaned piglets / Z. P. Yang, L. P. Sun // J. Shanxi Agric. Sci. – 2006. - № 3(024). – P. 577-588.
3. Effects of nanosize zinc oxide on zinc retention, eggshell quality, immune response and serum parameters of aged laying hens / Y. H. Tsai, S. Y. Mao, M. Z. Li [et al.] // Animal Feed Science and Technology. – 2016. – Vol. 213. – P. 99-107. – DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.01.009
4. Effect of nano-zinc oxide on the production and dressing performance of broiler / T. Lina, J. Jianyang, Z. Fenghua [et al.] // Chinese Agricultural Science Bulletin. – 2009. - № 2: 003.

5. Growth performance and serum biochemical parameters as affected by nano zinc supplementation in layer chicks / A. Mishra, R. K. Swain, S. K. Mishra [et al.] // Indian Journal of Animal Nutrition. – 2014. – Vol. 31(4). – P. 384-388.
6. Георгиевский, В. И. Минеральное питание животных / В. И. Георгиевский, П. Н. Анненков, В. Т. Самохин. – Москва : Колос, 1979. – 471 с.
7. Зайцев, С. Ю. Биохимия животных. Фундаментальные и клинические аспекты : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 310800 - Ветеринария / С. Ю. Зайцев, Ю. В. Конопатов. – Санкт-Петербург : Лань, 2004. – 382 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 5-8114-0529-4.
8. Biological effects of nano red elemental selenium / J. S. Zhang, X. Y. Gao, L. D. Zhang, Y. P. Bao // Biofactors. – 2001. – Vol. 15(1). – P. 27-38. – DOI: 10.1002/biof.5520150103.
9. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Высшая школа, 1973. – 320 с.
10. Менчукова, С. Г. Математические расчеты селекционных признаков в животноводстве : методические указания / С. Г. Менчукова. – Горки, 1989. – 65 с.

Поступила 14.04.2025 г.

УДК 636.2.084.41:661.183.2

А.Ф. КАРПЕНКО¹, А.А. ЦАРЕНОК¹, О.Н. АНТИПЕНКО²

АДСОРБЕНТ ЦЕЗИЯ-137 НА ОСНОВЕ ТОРФЯНОГО УГЛЯ В РАЦИОНАХ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

¹*Институт радиобиологии НАН Беларуси,
г. Гомель, Республика Беларусь*

²*Национальная академия наук Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь*

Одним из перспективных направлений решения проблемы снижения цезия-137 в рационах животных является разработка комплексных органоминеральных адсорбентов. В статье представлены результаты изучения влияния адсорбента, произведённого на основе торфяного активированного угля в Институте природопользования НАН Беларуси, на переход данного радионуклида из кормов в организм крупного рогатого скота на территории радиоактивного загрязнения Беларуси. Установлено, что изучаемый адсорбент, вводимый в состав рационов бычков на откорме и лактирующих коров в дозе 40 г/голову, является добавкой, снижающей накопление цезия-137. При средней суммарной активности суточного рациона коров $3,022 \pm 0,749$ кБк/сут. с 5-х по 20-е сутки применения композиционного сорбента наблюдается снижение содержания данного радионуклида в молоке коров от 1,7 до 4,5 раза. При этом вынос цезия-137 с молоком в группе с данным сорбентом на 61 % меньше.

Ключевые слова: адсорбент, торфяной уголь, ферроцин, цезий-137, бычки, лактирующие коровы.

PEAT COAL-BASED CESIUM-137 ADSORBENT IN CATTLE DIETS

¹*Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus,
Gomel, Republic of Belarus*

²*National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

One of the promising methods to solve the problem of reducing the content of cesium-137 in animal diets is the development of complex organomineral adsorbents. This paper contains the results of studying the effect of adsorbent produced on the basis of activated coal from peat at the Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus on the transfer of this radionuclide from feed to the body of cattle in the territory of radioactive contamination of Belarus. It has been established that the studied adsorbent, introduced into the diets of fattening steers and lactating cows at a dose of 40 g/head, is an additive that reduces the accumulation of cesium-137. With an average total activity of the daily diet of cows of 3.022 ± 0.749 kBq/day, from the 5th to the 20th day of using the composite sorbent, a decrease in the content of this radionuclide in the milk of cows from 1.7 to 4.5 times is observed. At the same time, the transfer of cesium-137 into milk in the group with this sorbent is 61% less.

Key words: adsorbent, peat coal, ferrocin, cesium-137, steers, lactating cows.

Введение. После катастрофы на ЧАЭС, когда большое количество сельскохозяйственных угодий России, Беларуси и Украины оказались загрязнёнными долгоживущим цезием-137, в животноводстве особенно остро стала проблема снижения его перемещения в биологическом звене корм-молоко и корм-мясо [1, 2, 3]. Многие исследователи при разработке комплекса защитных мер стали проводить активные поиски эффективных средств против цезия-137, как наиболее значимого радионуклида среди чернобыльских выпадений. В практике животноводства на загрязнённой территории перспективным оказалось изучение и применение сорбирующих добавок избирательных к цезию-137 в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) животных [4, 5]. Как показали исследования, использование в качестве сорбентов различных природных глинистых материалов ограничивается их невысокой эффективностью и значительными дозами применения [6]. В качестве сорбентов для снижения резорбции цезия в ЖКТ зарекомендовали себя гексацианоферраты [7, 8]. Их изучение позволило установить, что они не токсичны для животных, не ухудшают от них качества молока, мяса и другой продукции. В ряде стран гексацианоферраты разрешены для применения, как с целью профилактики, так и для снижения поступления радиоцезия в

организм человека и животных. В животноводстве данные препараты могут использоваться в форме болюсов, солебрикетов, добавляться в концентраты, комбикорма и др. [5, 8].

В Беларуси одним из направлений исследований Института природопользования НАН является изучение свойств торфа и получение на его основе различных материалов и средств. В период длительного времени, начиная с 1987 по 2017 годы, в институте были проведены исследования по получению кормовых добавок, избирательно сорбирующих цезий-137. В итоге получен сорбент, представляющий собой композиционный материал на основе торфяного активированного угля, содержащий 5 % ферроцина. Сырьём для производства сорбента явились торфяной активированный уголь, а также соли гексацианоферрата (II) калия и хлорного железа. Добавки сорбента в рацион лабораторных крыс показали, что он позволяет на 5-7 суток снизить период полувыведения радиоцезия из организма животных. Кроме этого показано, что если для исходного ферроцина доза составляла 100 мг/кг живой массы, то в составе активного угля она была снижена до 5 мг/кг при сохранении той же эффективности [9]. Для выпуска предлагаемого сорбента Институтом природопользования разработаны технологические условия и схема промышленной установки.

Для проверки энтеросорбционной активности добавки в рационах крупного рогатого скота на загрязненной территории Беларуси необходимое его количество было изготовлено и передано в лабораторию производства экологически безопасной продукции животноводства в условиях техногенного загрязнения территорий ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси» для проведения испытаний на экспериментальных животных.

Целью исследований являлось изучение эффективности сорбирующих добавок цезия-137 в рационах крупного рогатого скота на территории радиоактивного загрязнения.

Материал и методы исследований. Объектами исследований служили бычки на откорме чёрно-пёстрой породы и дойные коровы голштино-фризской. Предметом исследования являлись сорбенты, корма и рационы, продуктивность животных, мышечная ткань, молоко, радиологические показатели. В обработке данных использовалась система результативных показателей, полученных в ходе математического, статистического и аналитического методов анализа. В опытах на животных сравнивали ферроцин, закупленный в ООО НПП «Эксорб» Российской Федерации, и композиционный энтеросорбент, полученный из ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси».

Контроль прижизненной дозиметрии животных осуществляли с использованием радиометра-дозиметра МКС-01М «СОВЕТНИК - ЗАО

«ТИМЕТ». Определение содержания цезия-137 (Бк/кг) в исследуемых образцах кормов, мяса и молока проводилось на γ -спектрометрическом комплексе Canberra-Packard с погрешностью не более 30 %.

Результаты исследований и их обсуждение. Научно-производственный опыт на бычках проводился в зоне с плотностью радиоактивного загрязнения до 740 кБк/м² на базе открытого акционерного общества «Маложинский» Брагинского района Гомельской области. Цель опыта – сравнить радиологическую эффективность композиционного сорбента и ферроцина. Для проведения исследований были отобраны три группы бычков, из которых 1 контрольная и 2 опытные, 18-20-месячного возраста, численностью по 5 головы в каждой. Кормление животных осуществлялось по приведённой в таблице 1 схеме.

Таблица 1 – Схема опыта на бычках

Группа	Количество голов	Живая масса на начало опыта, кг	Продолжительность, дней	Особенности рациона кормления
I контрольная	5	360–380	35	Культуры зеленого конвейера, зернофураж (тритикале – 50 %, пшеница – 50 %) – ОР
II опытная	5	360–380	35	ОР + композиционный адсорбент 40 г/гол. в сутки.
III опытная	5	360–380	35	ОР + ферроцин 3 г/гол. в сутки.

В первые двадцать дней проведения опыта содержание цезия-137 в суточном рационе подопытных животных находилось на уровне 2,0–2,25 кБк. С 21 по 25 сутки его содержание увеличилось до 2,35 кБк, а в период с 26 суток и до 35 суток (завершение опыта) ещё приросло до 3,1–3,165 кБк.

С помощью радиометра-дозиметра во время опыта проводилась прижизненная дозиметрия бычков на 1-е, 10-е, 20-е и 25-е сутки. Установлено, что с 1- по 20-е сутки проведения опыта показатели содержания цезия-137 в мышечной ткани животных всех подопытных групп находились на уровне 80 Бк/кг живой массы. На 25-е сутки были получены значения прижизненной дозиметрии животных в контрольной группе на уровне 92 ± 2 Бк/кг. В опытных группах данный показатель оставался на прежнем значении.

После завершения опыта все подопытные животные были убиты на Гомельском мясокомбинате, от туш отобраны образцы мышечной ткани для определения фактического содержания цезия-137. В результате радиометрических анализов показано, что фактические значения цезия-

137 в мышечной ткани бычков I (контрольной) группы составили $125,3 \pm 1,3$ Бк/кг, II группы – $25,0 \pm 5,7$ Бк/кг и III группы – $28,7 \pm 5,2$ Бк/кг. Из этих показателей следует, что кратность накопления радиоцезия в мышечной ткани бычков II опытной группы в 5,0 раз (на $100,3$ Бк/кг меньше), III группы – в 4,4 раза (на $96,6$ Бк/кг меньше) в сравнении с I группой (контролем). В группе с композиционным энтеросорбентом Института природопользования НАН Беларуси, в сравнении с группой с фероцином, кратность накопления цезия-137 в среднем была в 1,15 раза ниже (на $3,7$ Бк/кг).

Цель научно-производственного опыта, проводимого в ОАО «Ветковский агросервис» Ветковского района с плотностью радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель до 555 кБк/м², заключалась в установлении радиологической эффективности композиционного сорбента в кормлении молочных коров. В опыте участвовали десять коров, разделённых на опытную и контрольную группы по 5 голов в каждой. При постановке под опыт животные были отобраны по принципу пар-аналогов, с учётом живой массы, возраста в отёлах, стадии лактации, среднесуточного удоя. Кормление коров проводилось обычным для хозяйства рационом, в состав которого входили силос, сено, зеленая масса культур зелёного конвейера, комбикорм. Различия между группами заключались в том, что опытной группе в смеси с комбикормом задавали композиционный энтеросорбент из расчёта 40 г/гол. в сутки.

Среди кормов рациона максимальное содержание цезия-137 регистрировалось в сене луговом, которое в среднем составило $3,712 \pm 0,074,0$ кБк/кг. В комбикорме содержание цезия находилось на уровне $3,1 \pm 0,9$ Бк/кг, в силосе кукурузном – $35,1 \pm 4,5$ Бк/кг, в зелёной массе – $34,2 \pm 5,1$ Бк/кг.

Суммарная активность суточного рациона подопытных животных в разные периоды проведения опыта находилась в диапазоне от $2,168$ кБк/сут. до $3,570$ Бк/сут. и в среднем за время опыта составила $3,022 \pm 0,749$ кБк/сут. В таблице 2 приведены результаты радиологических измерений молока коров по периодам опыта. Как следует из приведённых данных, кратность снижения содержания цезия-137 в молоке опытной группы, с 5-х по 20-е сутки, находилась в интервале от 1,7 до 4,5 раза или была меньше на $1,0$ – $4,5$ Бк/кг в сравнении с контролем.

Таблица 2 – Удельная активность цезия-137 в молоке коров

Группа	Бк/кг по периодам опыта						
	Начало опыта	5-е сутки	8-е сутки	11-е сутки	14-е сутки	17-е сутки	20-е сутки
Контрольная	$3,1 \pm 0,5$	$2,4 \pm 0,5$	$5,8 \pm 2,2$	$4,3 \pm 0,6$	$7,7 \pm 0,7$	$6,9 \pm 0,8$	$7,9 \pm 3,7$
Опытная	$2,6 \pm 1,0$	$1,4 \pm 0,4$	$1,3 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,3$	$3,0 \pm 1,8$	$2,4 \pm 1,5$	$3,6 \pm 2,0$

За двадцатидневный период опыта удельная концентрация цезия-137 в контрольной группе установлена на уровне 5,93 Бк/кг, в опытной – 2,22 Бк/кг или на 3,71 Бк/кг ниже. В связи с этим общий вынос цезия-137 с молоком за время опыта в контрольной группе при среднем удое 23,9 кг составил 14,173 кБк, в опытной группе с удоем 24,9 кг – 5,528 кБк, что на 8,645 кБк или на 61 % было меньше.

Заключение. Композиционный адсорбент, произведённый на основе торфяного активированного угля Института природопользования НАН Беларуси, в составе рационов бычков на откорме и лактирующих коров в дозе 40 г/голову является добавкой, снижающей накопление цезия-137 в организме крупного рогатого скота. Включение в состав рациона бычков композиционного адсорбента позволяет снизить риск поступления цезия-137 в мышечную ткань животных в 5,0 раз и в 1,15 раза в сравнении с контролем и ферроцином соответственно. При средней суммарной активности суточного рациона коров $3,022 \pm 0,749$ кБк/сут. с 5-х по 20-е сутки применения композиционного сорбента наблюдается снижение содержания цезия-137 в молоке коров от 1,7 до 4,5 раза. При этом вынос цезия-137 с молоком в группе с данным сорбентом на 61 % меньше.

Литература

1. 35 лет после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий : национальный доклад Республики Беларусь / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – Минск : ИВЦ Минфина, 2020 – 152 с. – ISBN 978-985-880-104-5.
2. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021-2025 годы / Нац. акад. наук Беларуси, М-во сельского хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 142 с.
3. Ведение лугового кормопроизводства в Российской Федерации и Республике Беларусь при радиоактивном загрязнении территорий / Е.В. Смольский, А. Г. Подоляк, И. Н. Белаус [и др.] // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2015. – № 11. – С. 30-35.
4. Радиационная обстановка в сельских населенных пунктах Новозыбковского района Брянской области по итогам паспортизации / В. В. Кречетников, И. Е. Титов, О. А. Шубина [и др.] // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4(68). – С. 51-56.
5. Соколова, Е. И. Эффективность применения сорбирующих добавок в рационах дойных коров в зоне радиоактивного загрязнения / Е. И. Соколова, Л. Н. Гамко, А. Г. Менякина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3 (63). – С. 150–154.
6. Сокращение риска перехода цезия-137 в молоко лактирующих коров в летний отдаленный период / Л. Н. Гамко, А. Г. Менякина, Е. И. Соколова, Т. Л. Талызина Т. Л. // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 8. – С. 54–58. – DOI: 10.28983/asj.y2023i8pp54-58.
7. Влияние периодического скармливания в рационах лактирующих коров доломитовой муки на продуктивность и качество молока / М. А. Поздняков, Л. Н. Гамко, А. Г. Менякина, В. Е. Подольников // Вестник Брянской ГСХА. – 2024. – № 4(104). – С. 41-44.

8. Использование берлинской лазури для снижения уровня загрязнения радиоактивным цезием молока и мяса, производимых на территориях, пострадавших от чернобыльской аварии. – Вена : МАГАТЭ, 1997. – 25 с.

9. Композиционный энтеросорбент на основе торфяного активированного угля / А.Э. Томсон [и др.] // Природопользование. – 2018. – №2. – С. 128–133.

Поступила 13.03.2025 г.

УДК 636.2.087.73:582.282.23

А.И. КОЗИНЕЦ, А.Ю. БОРОДИН

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСУШЕННОЙ ЖИВОЙ ДРОЖЖЕВОЙ КУЛЬТУРЫ *SACCHAROMYCES BOULARDII* В РАЦИОНАХ ДОЙНЫХ КОРОВ

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь

В статье рассматривается эффективность использования высушенной живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* в рационах дойных коров. Исследования проводились на дойном поголовье коров в условиях МТУ филиала ОАО «БЕЛАЗ» СПК «Первомайский» Смолевичского района Минской области, которым скармливали различные дозировки дрожжевой добавки в количестве 3, 5, 10, 15 и 20 г/гол/сутки. Результаты научно-хозяйственного опыта показали, что применение добавки способствует увеличению удоев, улучшению качества молока (жир, белок) и рубцового пищеварения, а также повышает экономическую эффективность за счёт дополнительной прибыли от увеличения молочной продуктивности.

Ключевые слова: живые дрожжи, кормовая добавка, дойные коровы, молочная продуктивность, рубцовое пищеварение.

A.I. KOZINETZ, A.Y. BORODIN

USE OF DRIED LIVING YEAST CULTURE *SACCHAROMYCES BOULARDII* IN DIETS OF DAIRY COWS

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus

The paper deals with the efficiency of using dried living yeast culture *Saccharomyces boulardii* in diets of dairy cows. The research was carried out on dairy cows in the conditions of dairy farm of the branch of JSC “BELAZ” APC “Pervomaysky” of Smolevichi district of Minsk region, which were fed different doses of yeast supplement in the amount of 3, 5, 10, 15 and 20 g/head/day. The results of scientific and

economic experience showed that the supplement contributed to the increase in milk yield, improvement of milk quality (fat, protein) and ruminal digestion, allowing to increase economic efficiency due to additional profit from the increase in milk productivity.

Keywords: living yeast, feed supplement, dairy cows, milk productivity, ruminal digestion.

Введение. Рост молочной продуктивности в животноводстве обуславливает повышение требований к качеству основных кормов и использованию дополнительных источников биологически активных веществ и специальных кормовых добавок, в том числе пробиотического действия. Одной из таких кормовых добавок, стимулирующей рост полезной микрофлоры желудочно-кишечного тракта, является дрожжевая культура *Saccharomyces boulardii*, производство которой имеется в Республике Беларусь в ОАО «Дрожжевой комбинат» (г. Минск). Добавка кормовая представляет собой лиофилизированную дрожжевую культуру *Saccharomyces boulardii*, находящуюся в состоянии покоя.

Большинство кормовых добавок в Республике Беларусь, содержащих в своём составе сухие «живые дрожжи» и используемых в кормлении сельскохозяйственных животных, завозятся из-за рубежа.

Научно доказано, что применение живых дрожжевых культур позволяет оптимизировать кислотность в рубце (желудке), благодаря чему происходит более активное и полноценное переваривание кормов. Особенно заметен эффект на первых стадиях пищеварения, когда корм только поступил в желудок и кислотность среды в рубце (желудке) резко изменяется. Добавление дрожжевой культуры сглаживает эти колебания. Дрожжи не способны напрямую влиять на кислотность, поэтому считается, что они стимулируют работу других микроорганизмов, являющихся постоянными обитателями этого отдела пищеварительного тракта [1, 2]. Живые дрожжи способны поглощать кислород из рубца (желудка), что благоприятным образом влияет на рост в нём целлюлозолитических и расщепляющих лактат бактерий, pH рубца стабилизируется, способствуя улучшению усвояемости и использования корма. Использование живых дрожжей также способствует большему образованию пропионата в рубце, что помогает животному эффективнее и полноценнее усваивать питательные вещества. В научной литературе имеются доказательства повышения биодоступности микроэлементов в организме при использовании живых дрожжей за счёт их способности к трансформации металлов (магния, цинка и др.), содержащихся в основных кормах, в хелатные формы. Именно в таком виде они гораздо лучше всасываются в пищеварительном тракте.

За счёт продуцирования витаминов группы В, различных аминокислот и факторов роста полезных бактерий живые дрожжи *Saccharomyces boulardii* положительно влияют на анаэробную микрофлору, обитающую в

кишечнике. Использование этих продуктов способствует росту целлюлозных и гемицеллюлозных анаэробов в организме. Помимо прочего, эти микроорганизмы являются источником высококачественного белка для животных [3, 4]. Живые дрожжи выступают в роли биорегуляторов, а инактивированные (убитые) такими свойствами не обладают.

Дрожжи *Saccharomyces boulardii* обладают уникальными физиологическими свойствами, такими как толерантность к изменениям pH, температуры и резистентность к кислотам, желчи и фермента. Эти свойства доказаны различными клиническими исследованиями. Они способны ингибировать патогенные микроорганизмы *Candida albicans*, *Clostridium difficile*, *Gardia lamblia*, *Klebsiela spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella spp.*, *Entamoeba histolytica*, восстанавливают кишечную флору и улучшают пищеварение в организме, что подтверждено на лабораторных животных [5].

Стимулирование роста полезной микрофлоры кишечника путём создания в рубце (желудке) анаэробной среды, способствующей росту целлюлолитических бактерий, ускорения синтеза свободных жирных кислот, снижения содержания аммиака в рубце, оптимизации pH у животных и ферментативных процессов в желудочно-кишечном тракте, нормализации процессов пищеварения и конверсии корма при использовании в кормлении живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii*, является актуальной задачей.

Масштабное внедрение новой разработки в качестве кормовой добавки для крупного рогатого скота позволит повысить эффективность молочного животноводства, в том числе будет способствовать повышению сохранности животных за счёт активизации биохимических процессов и снижения негативного влияния на организм животных различных кормовых и технологических факторов.

Цель исследований – изучение влияния использования высушенной живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* в рационах животных на продуктивность и рубцовое пищеварение дойных коров.

Материал и методика исследований. Исследования по изучению использования в рационах сельскохозяйственных животных высушенной живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* проводились в условиях МТУ филиала ОАО «БЕЛАЗ» - УКХ «БЕЛАЗ» СПК «Первомайский» Смолевичского района Минской области на дойном поголовье коров, отобранных в шесть групп (контрольная и пять опытных) по 12 голов в каждой. Схема исследований представлена в таблице 1.

Живую дрожжевую культуру *Saccharomyces boulardii* скармливали дополнительно поверх общесмешанного рациона каждой корове 1 раз в сутки согласно схеме опыта. Условия содержания животных во всех группах были одинаковые: кормление в соответствии с нормами,

поение из индивидуальных поилок, содержание привязное. Продолжительность исследований составила 90 дней.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственных исследований на коровах

Группа	Количество животных в группе	Продолжительность исследований, дней	Условия кормления
I контрольная	12	90	Основной рацион (ОР): силос кукурузный, сенаж злаково-люцерновый, картофель, шрот рапсовый, плещеное зерно кукурузы, комбикорм собственного производства для коров
II опытная	12	90	ОР + 3 грамма на голову в сутки высушенной живой дрожжевой культуры <i>Saccharomyces boulardii</i>
III опытная	12	90	ОР + 5 граммов на голову в сутки высушенной живой дрожжевой культуры <i>Saccharomyces boulardii</i>
IV опытная	12	90	ОР + 10 граммов на голову в сутки высушенной живой дрожжевой культуры <i>Saccharomyces boulardii</i>
V опытная	12	90	ОР + 15 граммов на голову в сутки высушенной живой дрожжевой культуры <i>Saccharomyces boulardii</i>
VI опытная	12	90	ОР + 20 граммов на голову в сутки высушенной живой дрожжевой культуры <i>Saccharomyces boulardii</i>

В ходе проведения исследований на коровах применялись зоотехнические, биохимические и математические методы анализа и изучались следующие показатели:

- поедаемость кормов – при проведении контрольного кормления один раз в 10 дней за два смежных дня путём взвешивания задаваемых кормов и несъеденных остатков с расчётом фактической поедаемости;

- в кормах: кормовые единицы и обменная энергия – расчётным путём по формулам, влага – по ГОСТ 13496.3-92, азот – автоматический анализатор азота по Кьельдалю ИДК -159 (ГОСТ 13496.4-93, п. 2), клетчатка – по методу Геннеберга – Штомана на FFWE 6; кальций – комплексометрическим методом в модификации А.Ф. Арсеньева; фосфор – по Фиске-Суббороу, сырой жир – на автоматической экстракционной установке SER 148 (ГОСТ 13496.15-97), зола (ГОСТ 26226-95, п. 1), макро-и микроэлементы – на атомно-адсорбционном спектрометре Optima 2100 DV. Отбор проб кормов осуществлялся в начале и конце

научно-хозяйственного опыта, качество кормов и показатели рубцового пищеварения определяли в лаборатории оценки качества кормов и биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» и ГУ «ЦНИХлебопродукт».

Результаты исследований и их обсуждение. В период опыта рацион коров состоял из: силоса кукурузного, сенажа злаково-люцернового, комбикорма для коров, влажного плющеного зерна кукурузы из полимерного рукава, рапсового шрота, картофеля в сыром виде. Общесмешанный рацион для всех групп дойных коров получали путем среднесуточного смешивания 22 кг силоса кукурузного, 19 кг сенажа злаково-люцернового, 9 кг комбикорма для коров собственного производства, 2 кг плющеного зерна кукурузы, 2 кг шрота рапсового, 3 кг картофеля. В сумме среднесуточная масса общесмешанного рациона по группам составила в среднем 51,3 кг. Среднесуточные рационы контрольной и опытных групп устанавливались путём определения общей поедаемости массы, которая для контрольной группы составила 50,6 кг, для II опытной – 49,4 кг, III опытной – 51,1 кг, IV опытной – 53,2 кг, V опытной – 51,9 кг, VI опытной – 51,5 кг. Живую дрожжевую культуру *Saccharomyces boulardii* скармливали дополнительно поверх общесмешанного рациона каждой корове 1 раз в сутки.

Среднесуточное потребление комбикорма составило в среднем 8,1 кг на голову. В связи с использованием общесмешанного рациона концентрация основных питательных веществ в контрольной и опытных группах в сухом веществе была одинаковой. Так, содержание сырого протеина в сухом веществе составила 16,4 %, обменной энергии – 10,9 МДж, ЧЭЛ – 6,61 МДж, сырого жира – 3,0 %, сырой клетчатки – 15,6 %, крахмала – 26,2 %, сахара – 3,1 %, кальция – 0,78 %, фосфора – 0,53 %.

У коров, получавших живые дрожжи в количестве 3 г/гол в сутки, в первый месяц исследований установлено снижение среднесуточного удоя молока 3,6%-ной жирности на 1,3 кг по сравнению с контрольными аналогами. В целом за период исследований использование в рационах для дойных коров II и III опытных групп высушенной живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* способствует получению дополнительно в расчёте на одну корову в сутки 0,6 и 0,8 кг молока 3,6%-ной жирности. В сравнении с контрольными животными у коров IV, V и VI групп, получавших с рационом дрожжи в количестве 10 г, 15 и 20 г на голову в сутки, установлено дополнительное получение молока 3,6%-ной жирности на 1,1 кг, 1,6 и 1,0 кг соответственно.

В первый месяц скармливания высушенной дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* в количестве 10 и 15 г/гол в сутки

среднесуточный удой молока 3,6%-ной жирности повысился на 3,2 и 3,8 кг соответственно к предыдущему месяцу, а в сравнении с контрольным значением увеличился на 0,6 и 4,7 кг. Во второй месяц скормливания дрожжей среднесуточный удой молока 3,6%-ной жирности снизился на 0,2 кг (в IV опытной) и остался неизменным (в V опытной группе) к предыдущему месяцу, а в сравнении с контрольным значением увеличился на 0,9 и 4,6 кг соответственно. Увеличение среднесуточного удоя молока 3,6%-ной жирности при использовании дрожжей в составе рационов для дойных коров установлено в третий месяц исследования на 0,7 кг в V опытной группе по сравнению с предыдущим месяцем или на 4,4 кг по отношению к контрольным животным.

Установлены достоверные различия и тенденции по качеству молока (содержание жира, белка, сухого обезжиренного молочного остатка) в молоке при использовании высушенной живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* у животных III опытной группы. У коров IV опытной группы жирность молока была также достоверно выше контрольных аналогов на 16,3 % ($P < 0,001$). При скормливания дрожжей коровам II и IV опытных групп установлено дополнительное увеличение белка в молоке коров на 0,04 и 0,01 п. п. соответственно.

Реакция среды содержимого рубца является важным фактором, определяющим состояние ферментативных процессов, образование метаболитов, их всасывание и использование в организме. В научно-хозяйственном опыте (таблица 2) величина pH содержимого рубца у коров всех групп была практически одинаковой и находилась на уровне 6,6-6,9, что соответствует физиологической норме.

Таблица 2 – Показатели пищеварения в рубце подопытных животных

Показатели	Группы					
	I	II	III	IV	V	VI
pH	6,6± 0,12	6,6± 0,21	6,7± 0,24	6,9± 0,04*	6,8± 0,31	6,7± 0,18
Общий азот, мг%	114± 11,3	113± 9,0	105± 21,0	122± 5,5	125± 9,1	118± 18,9
ЛЖК, ммоль / 100 мл	8,8± 0,46	9,1± 0,84	9,0± 1,12	10,2± 0,38*	9,8± 1,34	9,4± 2,01
Аммиак, мг%	7,2± 0,52	7,0± 0,58	7,8± 1,20	9,4± 0,43	9,3± 1,13	8,2± 1,05

Под действием ферментов микроорганизмов рубца поступившие в него углеводы подвергаются гидролизу с последующим образованием летучих жирных кислот (ЛЖК), на суммарную концентрацию которых влияют возраст, состав рациона, а также время, прошедшее после кормления.

Результаты исследований по содержанию летучих жирных кислот в рубцовой жидкости у подопытных животных показывают, что скармливаемые изучаемые нами разные дозировки высушенной живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* оказали существенное влияние на интенсивность образования кислот в рубце. Содержание ЛЖК в рубцовой жидкости контрольной группы было ниже, чем во II и III опытных группах на 3,4 и 2,3 % соответственно. Отмечено также достоверное повышение концентрации кислот у животных IV группы, получавших дрожжевую культуру *Saccharomyces boulardii* в количестве 10 г на голову в сутки, на 15,9 % ($P < 0,05$) по сравнению с контролем. В V и VI опытных группах количество ЛЖК было выше на 11,4 и 6,8 % соответственно в сравнении с контрольными аналогами.

Основным показателем белкового обмена в рубце, как известно, является количество общего азота в его содержимом. Содержание общего азота в рубце коров всех подопытных групп находилось в пределах физиологической нормы. Содержание общего азота в IV, V и VI опытных группах было выше контрольных аналогов на 7,0 %, 9,6 и 3,5 % соответственно.

В обычных условиях кормления в рубце крупного рогатого скота содержится не более 40 мг% аммиака. В наших исследованиях количество аммиака в рубцовой жидкости коров находилось на уровне 7,0-9,4 мг%, что подтверждает высокий уровень процесса пищеварения в рубце подопытных животных.

Экономические показатели использования высушенной живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* в рационах коров рассчитаны исходя из фактической продуктивности, суточного потребления кормов животными (результаты контрольного кормления), стоимости кормов рациона и стоимости дрожжей. Оценка экономических показателей указывает на положительное влияние использования дрожжевой культуры в рационах дойных коров.

Увеличение потребления количества основных кормов рациона и дополнительное использование высушенной живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* способствовало повышению стоимости среднесуточных рационов коров III, IV, V, VI опытных групп по отношению к контрольным животным на 2,0 %, 7,3, 5,3 и 5,5 % соответственно, что аналогично оказало влияние и на увеличение общей стоимости израсходованных кормов на одну голову за период опыта. Себестоимость 1 к. ед. во всех опытных группах была практически одинаковой и составила в среднем 64 копейки.

Использование в составе рационов для дойных коров высушенной живой дрожжевой культуры в количестве 3 г, 5, 10, 15 и 20 г на голову в сутки способствовало получению ежедневной дополнительной

прибавки 0,6-1,6 кг молока 3,6%-ной жирности от каждой опытной коровы. За весь 90-дневный период проведения исследований стоимость дополнительно полученного молока от скармливания высушенной живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* составила по группам 56,7-151,2 руб. С учётом стоимости дрожжей (32400 рублей за одну тонну) и их количества, затраченного за опытный период проведения исследований, рассчитана дополнительная прибыль от их применения в расчёте на 1 рубль затрат за счёт дополнительно полученного молока. Установлено, что окупаемость 1 рубля затрат при вводе высушенной живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* в количестве 3-20 г на голову в сутки по опытным группам составляет 0,6-5,5 руб.

Заключение. Использование в составе рационов для дойных коров высушенной живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* в количестве 3 г, 5, 10, 15 и 20 г на голову в сутки за весь период опыта способствовало получению дополнительной прибавки 54-144 кг молока 3,6%-ной жирности от одной коровы. Уровень летучих жирных кислот в рубцовой жидкости опытных животных повысился на 2,3-15,9 % по сравнению с контрольными аналогами, показатель кислотности в рубцовой жидкости был в пределах 6,6-6,9 единиц. За весь 90-дневный период проведения исследований стоимость дополнительно полученного молока от скармливания высушенной живой дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* составила по группам 56,7-151,2 руб.

Литература

1. Арзин, И. В. Влияние дрожжевых добавок на белковый спектр крови стельных сухостойных коров / И. В. Арзин, И. Н. Миколайчик, Л. А. Морозова // Инновационные направления и разработки для эффективного сельскохозяйственного производства : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти члена-корреспондента РАН В.И. Левахина: в 2-х частях, Оренбург, 27-28 окт. 2016 г. / ВНИИМС. – Оренбург, 2016. – Ч. 2. – С. 154-157.
2. Выращивание телёнка от рождения до высокопродуктивной коровы: технологические, кормовые и ветеринарные аспекты : учебник для студентов высших учебных заведений / Л. И. Подобед, Н. П. Буряков, Г. Ю. Лаптев [и др.]. – Санкт-Петербург : Райт Принт Юг, 2017. – 580 с. – ISBN 978-5-9907630-8-1.
3. Физиолого-биохимические и технологические аспекты кормления коров / В. К. Пестис, Н. С. Мотузко, Н. П. Разумовский [и др.] ; Гродненский ГАУ. – Гродно, 2020. – 426 с. – ISBN 978-985-537-154-1.
4. Физиология кормления жвачных животных : практическое пособие для зооинженеров, врачей ветеринарной медицины, студентов факультетов ветеринарной медицины, зооинженерного и слушателей ФПК / Н. С. Мотузко, Н. П. Разумовский, Н. А. Шарейко [и др.]; Витебская гос. акад. ветеринар. медицины. – Витебск, 2008. – 138 с. – ISBN 978-985-512-175-7.
5. Effect of feeding yeast culture from different sources on the performance of lactating Holstein cow in Saudi Arabia / M. A. Alshaikh, M. Y. Alsiadi, S. M. Zahran [et al.] // Asian-Australas. J. Anim. Sci. – 2002. – Vol. 15. – P. 352-356. – DOI: 10.5713/ajas.2002.352.

Поступила 9.04.2025 г.

А.И. КОЗИНЕЦ¹, Т.Г. КОЗИНЕЦ¹, О.Г. ГОЛУШКО¹,
М.А. НАДАРИНСКАЯ¹, М.С. ГРИНЬ¹, С.А. КОВАЛЁВА¹,
А.Ю. БОРОДИН¹, П.В. ЛАМНЕВ²

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИНАССЫ В КОРМЛЕНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

¹*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

²*Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь*

Использование нетрадиционных кормов – один из доступных путей укрепления кормовой базы животноводства. Одним из перспективных компонентов рационов животных является побочный продукт выращивания дрожжей – винасса, которая используется в качестве дополнительного компонента в кормопроизводстве. В статье представлены результаты изучения влияния данной кормовой добавки на продуктивность и гематологические показатели молодняка крупного рогатого скота. В ходе исследований установлено положительное влияние винассы на показатели крови животных при включении её в состав рациона. Также изучаемая добавка способствовала увеличению среднесуточных приростов, снижению себестоимости получаемой продукции 11,6 и 9,9 % и получению дополнительной прибыли в размере 52,8 и 46,1 рубля в расчёте на 1 голову за опытный период.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, винасса, продуктивность, кровь, экономические показатели.

A.I. KOZINETS¹, T.G. KOZINETS¹, O.G. GOLUSHKO¹,
M.A. NADARINSKAYA¹, M.S. GRIN¹, S.A. KOVALEVA¹,
A.Y. BORODIN¹, P.V. LAMNEV²

USE OF VINASSE IN FEEDING YOUNG CATTLE

¹*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

²*Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

The use of non-traditional forages is one of the available ways to strengthen the fodder base of livestock breeding. One of the promising components of animal diets is vinasse, a by-product of yeast production, which is used as an additional component in fodder production. The paper contains the results of studying the effect of this feed additive on productivity and hematological parameters of young cattle. Studies

showed that vinasse included in the diet had a positive effect on the blood parameters of animals. The studied additive also contributed to an increase in average daily gain, a decrease in the cost of production by 11.6 and 9.9%, and an additional profit of 52.8 and 46.1 rubles per animal during the experimental period.

Keywords: young cattle, vinasse, productivity, blood, economic indicators.

Введение. Использование нетрадиционных кормов – один из доступных путей укрепления кормовой базы животноводства. В современных условиях количество и ассортимент продовольственных товаров растёт благодаря интенсивному развитию технологий производства, что способствует появлению большого объёма побочных продуктов, которые впоследствии могут стать компонентами рационов для сельскохозяйственных животных [1].

Одним из перспективных компонентов рационов животных является побочный продукт выращивания дрожжей. Субстратом для получения необходимого количества биомассы пищевых дрожжей является питательная среда, которую готовят из свекловичной мелассы с добавлением источников небелкового азота. После достижения определённой концентрации дрожжевой массы в питательной среде дрожжи сепарируются и отправляются в дальнейшее производство, а оставшаяся технологическая жидкость, содержащая комплекс питательных, минеральных и биологически активных веществ, проходит технологию переработки с целью стабилизации для получения стандартизированного кормового средства – винассы, которая используется в качестве дополнительного компонента в кормопроизводстве [2].

Винасса представляет собой жидкую кормовую добавку для обогащения рационов протеином, витаминами, минеральными компонентами и незаменимыми аминокислотами, предназначенную для нормализации процессов пищеварения, стимуляции темпов роста и продуктивности сельскохозяйственных животных. В среднем в ней в сухом веществе содержится до 26,3 % сырого протеина, 3,61 МДж обменной энергии и высокий уровень сырой золы, а следственно минеральных веществ [3, 4 5, 6, 7].

Согласно зарубежным источникам, винассу используют как составляющую рациона для молодняка крупного рогатого скота, свиней и цыплят-бройлеров. Например, во Франции распространено добавлять винассу до 3,0 % в состав комбикорма для моногастричных животных (в основном свиней) и в комбикорма для жвачных животных до 5,0 % [8, 9 10]. В условиях Республике Беларусь использование винассы как кормового средства в составе рациона крупного рогатого скота не проводилось.

Цель исследований – изучение влияния использования винассы в рационах животных на продуктивность и гематологические показатели

молодняка крупного рогатого скота.

Материал и методика исследований. Для определения эффективности скармливания винасы проведён научно-хозяйственный опыт в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области на молодняке крупного рогатого скота голштинской породы отечественной селекции.

В опыте для проведения исследований было сформировано по три группы телок по принципу пар-аналогов со средней живой массой 145 кг по 12 голов в каждой. Различие в кормлении состояло в том, что животные I контрольной группы получали рацион без винасы, II опытной – рацион с включением 100 г на голову в сутки винасы или 4,0 % по массе комбикорма, III опытной группы – рацион с включением 200 г на голову в сутки винасы или 8,0 % по массе комбикорма (таблица 1).

Таблица 1 – Схема проведения исследований на молодняке крупного рогатого скота

Группа	Количество животных в группе	Продолжительность исследований, дней	Условия кормления
I контрольная	12	96	Основной рацион: сенаж разнотравный, силос кукурузный, сено злаковое, комбикорм собственного производства
II опытная	12	96	ОР + 100 г на голову в сутки винасы
III опытная	12	96	ОР + 200 г на голову в сутки винасы

Винассу скармливали путём смешивания с грубыми кормами. Продолжительность исследований составила 96 дней. Во время проведения исследований условия содержания животных во всех группах были одинаковыми: кормление в соответствии с нормами, животные пользовались моционом на открытых выгульных площадках, поение – водопроводной водой (групповое в клетке).

Отбор проб крови осуществляли у 5 животных из каждой группы в начале и в конце опыта. Кровь для исследований брали из яремной вены через 2,5-3 часа после утреннего кормления. В крови определяли гематологические показатели (содержание эритроцитов и их индексы, тромбоцитов, лейкоцитов и гемоглобина) с использованием автоматического анализатора Urit3000Vetplus. В сыворотке крови – содержание общего белка и его фракций, глюкозы, мочевины, холестерина, общего билирубина, креатинина на биохимическом анализаторе Accent-200.

Результаты исследований и их обсуждение. В составе рациона подопытных животных по фактически потребленным кормам

обеспеченность обменной энергией была в пределах 54,9-58,6 МДж, что составило 11,9-12,1 МДж на 1 кг сухого вещества рациона. Обеспеченность сырым протеином составила 116-117 г на 1 кг сухого вещества, что было в пределах нормативных значений для крупного рогатого скота этого веса и возраста. Кальций-фосфорное соотношение в рационе составило 1,3. Потребность в других макро- и микроэлементах была в пределах потребности животных в них.

Установлено положительное влияние использования виначессы в рационах молодняка крупного рогатого скота на их продуктивность (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика живой массы молодняка крупного рогатого скота

Группа	Живая масса, кг		Прирост живой массы	
	в начале опыта	в конце опыта	валовой, кг	среднесуточный, г
I контрольная	150,6±4,89	217,4±5,88	66,8±2,98	695±20,50
II опытная	144,2±2,93	218,6±5,72	74,4±4,04*	775±42,10*
III опытная	146,4±5,06	222,4±10,29	76,0±3,66	792±59,11*

Примечание: *P<0,05

Начальная живая масса при постановке на опыт составила в среднем по группам 144-150 кг. За период проведения опыта валовой прирост контрольных животных составил 66,8 кг. Во II и III опытных группах тёлки при скормлинии виначессы валовой прирост по отношению к контролю был выше на 11,4 % (P<0,05) и 13,8 % соответственно. Аналогичная валовому приросту тенденция установлена по показателю среднесуточного прироста молодняка крупного рогатого скота. Повышение суточной продуктивности телят II и III опытных групп по сравнению с контрольной группой составило 80 и 97 г соответственно.

Биохимические исследования крови животных до и после скормлинии виначессы в начале исследований характеризуются существенными изменениями метаболических процессов (таблица 3).

Таблица 3 – Морфофункциональные свойства крови молодняка крупного рогатого скота

Показатель	Группа		
	I контрольная	II опытная	III опытная
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Эритроциты (RBC), 10 ¹² /л	<u>5,59±0,186</u> 5,08±0,046	<u>5,29±0,164</u> 4,90±0,166	<u>5,70±0,152</u> 5,35±0,278
Средний объём эритроцитов (MCV), мкм ³	<u>38,84±0,238</u> <u>39,32±0,301</u>	<u>38,90±0,84</u> 39,46±0,747	<u>40,36±0,515</u> 41,06±0,661
Ширина распределения эритроцитов (RDW), %	<u>14,03±0,09</u> 13,34±0,287	<u>13,13±0,37</u> 13,34±0,337	<u>13,37±0,145</u> 13,90±0,594

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Гематокрит (HCT), %	<u>21,66±0,85</u> 19,94±0,147	<u>20,18±0,95</u> 19,30±0,835	<u>22,98±0,85</u> 21,94±1,37
Тромбоциты (PLT), 10 ⁹ /л	<u>488,4±80,04</u> 257,8±29,2	<u>482,0±77,76</u> 228,6±21,65	<u>501,6±87,76</u> 262,2±14,4
Компактный объём тромбоцитов	<u>0,33±0,072</u> 0,15±0,022	<u>0,31±0,065</u> 0,17±0,014	<u>0,33±0,074</u> 0,13±0,004
Ширина распределения тромбоцитов (MPV), %	<u>6,68±0,515</u> 6,22±0,31	<u>6,20±0,435</u> 5,32±0,14*	<u>6,54±0,419</u> 5,38±0,14*
Гемоглобин (HGB), г/л	<u>113,8±5,33</u> 99,0±1,05	<u>107,8±9,73</u> 96,8±3,65	<u>115,6±2,21</u> 102,8±5,34
Средняя концентрация гемоглобина (MCHC), г/л	<u>525,2±16,11</u> 496,0±4,30	<u>537,6±27,42</u> 503,0±17,65	<u>504,8±19,23</u> 496,8±9,92*
Среднеклеточный гемоглобин (MCH), 10 ³ мм ³	<u>20,32±0,571</u> 19,42±0,156	<u>20,76±0,631</u> 19,74±0,359	<u>20,29±0,562</u> 19,22±0,227
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	<u>25,18±1,95</u> 15,16±1,12	<u>19,16±2,19</u> 16,98±1,42	<u>21,70±1,92</u> 18,06±1,69

Примечание: здесь и далее – в числителе до скармливания винасы, в знаменателе после 96 дней скармливания винасы

Гематологический профиль при внесении разных уровней винасы в состав рациона молодняка крупного рогатого скота на общем фоне изменений в процессе роста и развития имеет изменения при внесении дозы 200 мл. Отмечено, что при общем фоне снижения показателей уровня эритроцитов во всех подопытных группах минимальным оно наблюдалось у аналогов III группы относительно данных на начало опыта. В контроле в конце опытного периода снижение составило 9,1 %, во II опытной – 7,4 % и в III опытной группе разница составила 6,1 % по сравнению с данными в начале опыта.

Синтез новых эритроцитов отражается в увеличении среднего объёма эритроцитов и ширины их распределения. Так, установлено, что в опытной III группе показатели MCV и RDW были выше контрольных аналогов по окончании скармливания винасы на 4,4 и 4,2 % соответственно при несущественных изменениях во II опытной группе.

Количество гемоглобина в крови тёлочек III опытной группы было выше контрольного значения на 3,8 %. Стоит отметить, что данные средней концентрации гемоглобина и показатель среднеклеточного гемоглобина свидетельствуют о более высоком развитии эритроцитов, поскольку тенденция к снижению данных показателей характеристик развития эритроцитов у тёлочек III опытной группы даёт предпосылки к подтверждению лучшего состояния эритроцитов.

Количество тромбоцитов в организме животных было в пределах верхней границы нормативных показателей на начало исследований. Морфофункциональные особенности тромбоцитов к концу опытного

периода в III опытной группе были выше, чем в контроле, и характеризовались более низким компактным объёмом тромбоцитов и шириной распределения. Меньшие клетки занимают меньший объём, более активны и готовы к адгезии.

Концентрация лейкоцитов в крови подопытного поголовья на начало исследований было выше норматива в два раза ($4,0-12,0 \cdot 10^9/\text{л}$). С возрастанием срока исследований на фоне уравнивания уровня лейкоцитов в крови отмечена тенденция, характеризующая максимальным снижением количества клеток «белой крови» относительно данных на начало опыта в контроле на 39,8 % при снижении в опытных группах на 11,4 и 16,8 %.

Показатель протеинового обмена в организме растущих тёлочек всегда меняется и влияние на интенсивность его течения имеет огромное значение (таблица 4). Анализ данных уровня общего белка в крови в конце исследований показывает, что во II опытной группе показатель был выше на 20,0 %, в III опытной группе – на 17,3 % по сравнению с контролем.

Таблица 4 – Биохимический состав крови молодняка крупного рогатого скота

Показатель	Группа		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Общий белок, г/л	<u>71,06±2,303</u>	<u>65,96±0,92</u>	<u>78,28±2,12</u>
	55,56±6,18	66,66±1,77	65,18±1,29
Альбумины, г/л	<u>31,34±1,04</u>	<u>28,78±1,48</u>	<u>35,94±1,28</u>
	27,6±0,97	31,06±0,56*	30,10±1,67
Глобулины, г/л	<u>39,72±1,79</u>	<u>37,18±2,22</u>	<u>40,34±1,81</u>
	27,96 ±0,73	35,60±0,68	34,94±1,27
Глюкоза, ммоль/л	<u>3,30±0,36</u>	<u>3,21±0,19</u>	<u>4,15±0,36</u>
	4,32±0,182	4,22±0,131	4,39±0,046
Мочевина, ммоль/л	<u>2,48±0,37</u>	<u>2,22±0,12</u>	<u>2,33±0,39</u>
	2,89±0,22	2,44±0,24	2,66±0,133
Билирубин общий, мкмоль/л	<u>4,92±0,402</u>	<u>4,33±0,180</u>	<u>4,89±0,315</u>
	3,10±0,145	3,10±0,176	3,40±0,160
Билирубин прямой, мкмоль/л	<u>1,80±0,164</u>	<u>1,60±0,130</u>	<u>1,82±0,132</u>
	1,48±0,097	1,46±0,108	1,60±0,084
Холестерин, ммоль/л	<u>2,11±0,18</u>	<u>1,63±0,09</u>	<u>2,03±0,148</u>
	1,46±0,095	1,95±0,16*	1,62±0,153
Креатинин, мкмоль/л	<u>84,92±1,79</u>	<u>75,76±5,36</u>	<u>92,54±2,92</u>
	74,74±6,00	81,18±1,09	80,06±0,614
Триглицериды, мкмоль/л	<u>0,32±0,05</u>	<u>0,33±0,025</u>	<u>0,34±0,012</u>
	0,22±0,026	0,22±0,031	0,35±0,036

Уровень альбуминов в конце периода исследований был выше в крови тёлочек II группы на 12,5 % ($P < 0,05$) и животных III группы на 9,1 % в сравнении с контролем. По окончании опыта уровень глобулинов во II опытной группе был выше контрольных аналогов на 27,3 %, в III опытной группе – на 25,0 %.

Количество мочевины, как межуточного продукта протеинового метаболизма, в конце опыта относительно начального значения в крови контрольных животных увеличилось на 16,5 %, во II и III опытных группах – на 9,9 и 14,2 % соответственно, что указывает на улучшение усвоения азота протеина.

Общий билирубин при норме 1,7-5,1 мкмоль/л на начало исследований был в пределах верхней границы, с течением опыта снижаясь в пределах нормы на 37,0 % в контроле до 28,4-30,5 % в опытных группах. Данный признак гепатопротекторных свойств печени к детоксикации печени говорит о наличии напряжённости этого процесса в организме животных. Прямой билирубин в крови животных, как водорастворимая фракция общего билирубина, образуется в печени при соединении непрямого (токсичного) билирубина с глюкуроновой кислотой с целью обезвреживания. Уровень прямого билирубина был выше у тёлочек III опытной группы относительно контроля на 8,1 % и ниже у животных II группы на 1,4 %.

Липидный обмен в организме животных при вводе виначессы зависел от уровня внесённого препарата. Отмечено, что при низком уровне холестерина в организме животных на начало исследований в крови тёлочек, получавших 100 мл виначессы, было отмечено повышение на 19,6 % с течением исследований, что было выше контрольного значения на 33,6 % ($P < 0,05$). Повышение дозировки виначессы до 200 мл способствовало ингибированию липидного обмена, что выразилось в уменьшении уровня холестерина на 20,2 % по сравнению с началом опыта и было выше контрольного значения на 11,0 %.

Количество триглицеридов у тёлочек III опытной группы в конце опытного периода было значительно выше контрольных аналогов, в то время как во II опытной группе данный показатель был наравне с контролем.

Экономические показатели эффективности использования виначессы рассчитаны на основании полученных результатов по общему потреблению кормов рационами, продуктивности молодняка крупного рогатого скота, стоимости кормов (таблица 5). По данным расчёта экономической эффективности использования виначессы в составе рациона для молодняка крупного рогатого скота установлено понижение себестоимости прироста на 11,6 и 9,9 %, снижение затрат кормов на единицу прироста на 9,2 и 5,7 %. Получение дополнительной прибыли за счет

повышения прироста и снижения себестоимости составило 52,8 и 46,1 рубля на голову за опытный период.

Таблица 5 – Экономические показатели скормливания винасы молодняку крупного рогатого скота*

Показатель	Группа		
	I	II	III
Затраты кормов на 1 кг прироста, к. ед.	5,09	4,62	4,80
Расход кормов за опыт на 1 голову, ц к. ед.	3,40	3,44	3,65
Стоимость среднесуточного рациона, руб.	2,11	2,08	2,17
Общая стоимость израсходованных кормов за опыт на 1 голову, руб.	202,6	199,7	208,3
Стоимость 1 к. ед., руб.	0,60	0,58	0,57
Стоимость кормов, затраченных на 1 кг прироста, руб.	3,04	2,69	2,74
Получено прироста живой массы, кг	66,72	74,36	76,00
Удельный вес кормов в структуре себестоимости, %	64	64	64
Общие затраты на получение валового прироста, руб.	317,1	312,2	352,0
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	4,75	4,20	4,28
Снижение себестоимости 1 кг прироста по отношению к I группе, руб.	-	0,55	0,48
Снижение себестоимости 1 кг прироста по отношению к I группе, %	-	11,6	9,9

Примечание: *без учёта стоимости добавки

Вывод. Установлено положительное влияние винасы на продуктивность и гематологические показатели молодняку крупного рогатого скота. Включение в рацион винасы позволило повысить в конце периода исследований количество альбуминов на 9,1-12,5 %, глобулинов – на 25,0-27,3 %, общего белка – на 17,3-20,0 %, холестерина – на 11,0-33,6 % по сравнению с контролем и снизить уровень эритроцитов – на 6,1-7,4 %, лейкоцитов – на 11,4-16,8 % по сравнению с показателями на начало опыта. Использование в рационах молодняку крупного рогатого скота винасы способствует увеличению среднесуточных приростов на 11,4 % ($P<0,05$) и 13,8 %, снижению себестоимости получаемой продукции 11,6 и 9,9 % и получению дополнительной прибыли в размере 52,8 и 46,1 рубля в расчёте на 1 голову за опытный период.

Литература

1. Коняев, Н. В. Тенденции развития комбикормового производства / Н. В. Коняев, В. Н. Трубинков // Вестник Курской ГСХА. – 2022. – № 9. – С. 140-146.
2. Биотехнологические приёмы в переработке отходов предприятий АПК / О. В. Зюзина, Л. Т. Гриднева, Е. В. Таранюк, М. И. Лопатина // Инновационные технологии в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Мичуринск, 21-23 нояб. 2018 г. / Мичуринский ГАУ. – Мичуринск, 2018. – С. 235-238.

3. Effects of Beta Vinasse Supplementation on Performance, Meat Quality and Ilio-Caecal Microflora in Quail Rations / D. Yesilbag, I. Cetin, S. S. Cengiz [et al.] // Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society. – 2022. – Vol. 73, N 4. – P. 4847-4852. – DOI: 10.12681/jhvms.28016.
4. Nebenprodukte der Zuckerfabriken. / K. Naumann, M. Becker, K. Nehring [et al.] // Handbuch der Futtermittel. – Hamburg : Parey-Verlag, 1997. – Bd. 3, Vol. 3. – P. 64-81.
5. Naumann, K Methodenbuch des Verbandes deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs und Forschungsanstalten. BD, III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt. – Bassler, R., 1997.
6. Stern, M. Zuckerrüben melasserestes aus der fermentativen Backhefeherstellung im Vergleich zu Zuckerrüben- und Zuckerrohrmelasse für den Einsatz in der Fütterung von Wiederkäuern : Dissertation / M. Stern ; Justus-Liebig University. Ernährungsphysiologische und presstechnische Untersuchungen eines teilentkalisierten. – 1992. – P. 257-261.
7. Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin / eds.: E. Petzinger, H.H. Frey, W. Löscher [et al.] // Pharmakologie der Verdauung, Osmotische Laxantien. I Enke-Verlag, Stuttgart. – 1996. – P. 317-318.
8. Прокофьева, А. А. Белковые отходы как альтернативные источники белка в рационе / А. А. Прокофьева, А. В. Быков, О. В. Кван // Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – Т. 106, № 2. – С. 112-126. – DOI 10.33284/2658-3135-106-2-112.
9. Potential utilization of dairy industries by-products and wastes through microbial processes: a critical review / T. Sar, S. Harirchi, M. Ramezani [et al.] // The Science of The Total Environment. – 2022. – Vol. 810. – P. 152253. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.152253.
10. Weigand, E. Betain- und Glutaminsäure Anteile an der Stickstoffverdauung und-bilanz bei Vinassefütterung an wachsende Schweine / E. Weigand, Dr. M. Kirchgessner // Archiv für Tierernährung. – 1981. – Bd. 31(5-6). – S. 335-343. – DOI: 10.1080/17450398109426845.

Поступила 24.03.2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Портной А.И., Шейко И.П., Тимошенко В.Н., Песоцкий Н.И., Шеметовец Ж.И., Воробьева Т.А., Рогач В.Н., Петрова Ю.А., Цидик О.Н., Песоцкий Е.Н. Концепция селекционно-племенной работы по созданию белорусской красной молочной породы скота	3
ГЕНЕТИКА, РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, БИОТЕХНОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВО	
Березовик Р.В., Храмченко Н.М. Влияние факторов среды и разработка уравнений статистической модели BLUP для оценки племенной ценности голштинского скота отечественной селекции по признакам молочной продуктивности	12
Голубец Л.В., Кирикович Ю.К., Сапсалёв С.А., Януть Н.В., Наменко Е.В., Пайтерова О.В. Влияние различных концентраций градиента плотности «Перколл» на эффективность отбора жизнеспособной фракции сперматозоидов при капацитации несексированной спермы быков	21
Ковальчук М.А., Симоненко В.П., Ганджа А.И., Журина Н.В., Леткевич Л.Л. ДНК-тестирование свиней по генам PRLR и FSHB методом ПЦР-ПДРФ	31
Лобан Р.В., Сидунов С.В., Сидунова М.Н., Лопатина Е.А., Колендо А.И. Морфо-биохимические показатели крови скота мясных пород в зимне-стойловый период	41
Пайтеров С.Н. Эффективность использования эпибрассинолида при индукции суперовуляции у коров-доноров	47
Пайтеров С.Н., Кирикович Ю.К. Эффективность использования мелоксикама и дексаметазона в схемах индукции суперовуляции у коров-доноров	55
Пайтерова О.В., Будевич А.И., Голубец Л.В., Пайтеров С.Н., Кирикович Ю.К. Влияние форсколина в составе криофилактиков на сохранность заморожено-оттаянных эмбрионов коров	63
Рудак А.Н., Герман Ю.И., Герман А.И., Казьмин Д.О. Генетические ресурсы генофондных пород лошадей, разводимых в Беларуси	69
Семченко С.В. Оценка овец полутонкорунных пород белорусской селекции на основе анализа линейных промеров	79
Шейко И.П., Приступа Н.В., Янович Е.А., Портная Т.В., Аниховская И.В., Новицкая Т.А. Использование ДНК-тестирования в селекции свиней породы дюрок	90
Шейко И.П., Приступа Н.В., Янович Е.А., Портная Т.В., Заяц В.Н., Новицкая Т.А. Полиморфизм микросателлитных локусов ДНК у свиней породы дюрок	98

Шейко И.П., Тимошенко В.Н., Песоцкий Н.И., Шеметовец Ж.И., Барановский М.В., Песоцкий Е.Н. Показатели, характеризующие скорость молокоотдачи красного молочного скота	107
ТЕХНОЛОГИЯ КОРМОВ И КОРМЛЕНИЯ, ПРОДУКТИВНОСТЬ	
Бесараб Г.В., Цай В.П., Пилюк С.Н., Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Буряков Н.П., Святогоров Н.А., Скрипин П.В., Разумовский Н.П., Карабанова В.Н. Пищеварение в рубце и переваримость питательных веществ при скормливании молодняку крупного рогатого скота небелкового азота	113
Бритвина И.В., Ошуркова Ю.Л., Новолоцкая Е.В., Сметкина Е.А., Короткий В.П., Рыжов В.А., Радчиков В.Ф., Богданович И.В. Эффективность использования хвойной кормовой добавки в кормлении коров	122
Буряков Н.П., Короткий В.П., Рыжов В.А., Радчиков В.Ф., Карпеня М.М., Джумкова М.В. Влияние хвойно-энергетической добавки на здоровье и продуктивность коз молочных пород	130
Ганущенко О.Ф., Зенькова Н.Н., Моисеева М.О., Медведева К.Л., Зенькова О.В. Эффективность использования люцернового силлажа в рационах дойных коров	139
Голуб И.А., Маслинская М.Е., Радчиков В.Ф., Сапсальева Т.Л., Горлов И.Ф., Мосолов А.А., Карпеня М.М., Токарев В.С., Долженкова Е.А., Возмитель Л.А., Карелин В.В. Влияние скормливания жмыха льна масличного на процессы пищеварения молодняка крупного рогатого скота	149
Дашкевич М.А., Буштевич В.Н., Углик Т.В., Гавриленко В.П., Трошина А.Д. Выход питательных веществ зеленой массы тритикале зеленоукосного с единицы площади при разных сроках уборки	159
Евсеенко Е.Е. Использование сухих кормовых добавок, содержащих наноселен и наноцинк, в рационах молодняка свиней	167
Карпенко А.Ф., Царенок А.А., Антипенко О.Н. Адсорбент цезия-137 на основе торфяного угля в рационах крупного рогатого скота	175
Козинец А.И., Бородин А.Ю. Использование высушенной живой дрожжевой культуры <i>Saccharomyces boulardii</i> в рационах дойных коров	181
Козинец А.И., Козинец Т.Г., Голушко О.Г., Надаринская М.А., Гринь М.С., Ковалёва С.А., Бородин А.Ю., Ламнев П.В. Использование винассы в кормлении молодняка крупного рогатого скота	189

Научное издание

ЗООТЕХНИЧЕСКАЯ НАУКА БЕЛАРУСИ

Сборник научных трудов

Том 60

Часть 1

Ответственный за выпуск, ведущий редактор М.В. Джумкова
Переводчик А.В. Власик

Подписано в печать 31.06.2025 г. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Усл.-печ. л. 11,63. Уч.-изд. л. 10,66
Тираж 100 экз. Заказ №

Издатель – Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/409 от 14 августа 2014 г.
222160, Минская обл., г. Жодино, ул. Фрунзе, 11.

Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр Министерства финансов
Республики Беларусь».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 2/41 от 29 января 2014 г.
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17

